PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 17. 1. September 1906. 7. Jahrgang.

Redaktionsschluß für No. 18 am 6. September 1906.

INHALT.

Originalmitteilungen:

F. Harms, Über ein photoelektrisches Photometer und Beobachtungen mit demselben während der totalen Sonnenfinsternis vom 30. August 1905. S. 585.

L. Meitner, Über die Absorption der α- und β-Strahlen. S. 588.

G. Gehlhoff, Über die Radioaktivität und Emanation einiger Quellensedimente. S. 590.

A. Hauser, Die Radioaktivität des Teplitz-Schönauer Thermalwassers. S. 593.

G. Aeckerlein, Neue Untersuchungen über eine Fundamentalfrage der Elektrooptik. S. 594.

E. Ruhmer, Vielfach-Telephonie mittels des Telegraphons. S. 601.

T. Terada, Die Schwingung des Resonanzkastens. S. 602.

M. Koppe, Zum Foucaultschen Pendel. S. 604.

H. Greinacher, Fluoreszenz und Lambertsches Gesetz. S. 608.

Referate:

F. Bidlingmaier, Magnetische Messungen am Bord. S. 610.

Besprechungen:

A. Wachtel, Anwendung der Graphostatik im Maschinenbau. S. 610.

R. Börnstein, Leitfaden der Wetterkunde. S. 611.

J. Nasmyth und J. Carpenter, Der Mond als Planet, Welt und Trabant. S. 611.

E. Kohlschütter, Meßkarte zur Auflösung sphärischer Dreiecke. S. 612.

H. S. Hallo und H. W. Land, Elektrische und magnetische Messungen und Meßinstrumente. S. 612.

M. Wolf, Stereoskopbilder vom Sternhimmel. I. S. 612.

Neuere Literatur über Radioaktivität:

E. Rutherford, Radioaktivität. S. 612.

P. Gruner, Die radioaktiven Substanzen und die Theorie des Atomzerfalles. S. 612.

K. v. Papius, Das Radium und die radioaktiven Stoffe. S. 613.

A. Righi, Die moderne Theorie der physikalischen Erscheinungen (Radioaktivität, Ionen und Elektronen). S. 613.

Jahrbuch der Radioaktivität und Elektronik. II. S. 613.

H. Poincaré, Wissenschaft und Hypothese. S. 613.

H. Poincaré, Der Wert der Wissenschaft. S. 613.

G. Martin, Untersuchungen über die Affinität der Elemente sowie über die Ursachen der chemischen Ähnlichkeit oder Verschiedenheit bei Elementen und Verbindungen. S. 613.

E. Mach, Erkenntnis und Irrtum. S. 614.

A. Meinong, Über die Erfahrungsgrundlagen unseres Wissens. S. 614.

H. Driesch, Naturbegriffe und Natururteile. S. 615.

Leibnizens nachgelassene Schriften physikalischen, mechanischen und technischen Inhalts. S. 615.

H. Boruttau, Die Elektrizität in der Medizin und Biologie. S. 616.

H. Weber u. J. Wellstein, Encyklopädie der Elementar-Mathematik. II. S. 616.

H. Schubert, Auslese aus meiner Unterrichts- und Vorlesungspraxis. I. II. S. 616.

Berichtigung. S. 616.

Personalien. S. 616.

Gesuche. S. 616.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Über ein photoelektrisches Photometer und Beobachtungen mit demselben während der totalen Sonnenfinsternis vom 30. August 1905.

Von F. Harms.

Der Hallwachs-Effekt an frisch amalgamierten *Zn*-Kugeln wurde bereits 1892 von Elster und Geitel[1]) zu photometrischen Zwecken benutzt; ersetzt man die amalgamierten *Zn*-Kugeln durch im Vakuum befindliche Schichten von Alkalimetall, und das bei dem früheren Apparat verwendete Elektroskop durch ein Galvanometer, so erhält man eine Photometereinrichtung, die im Gebrauch außerordentlich bequem ist, da zur eigentlichen Beobachtung nur eine Ablesung der Fernrohrskala nötig wird.

Ein solches nach Angaben von J. Elster und H. Geitel in der Werkstätte von Günther & Tegetmeyer in Braunschweig angefertigtes Photometer wurde mit bestem Erfolg zu Messungen der Sonnenstrahlung während der Sonnenfinsternis vom 30. August 1905 gebraucht; die folgenden Zeilen enthalten eine Beschreibung des Apparates und die Beobachtungsresultate.[2])

1) Wien. Ber. **101** (IIa), März 1892.

2) Der ausführliche Bericht von J. Elster, H. Geitel und F. Harms über die im Auftrage und mit Unterstützung der „Carnegie Institution" unternommene Expedition ist erschienen in Terrestr. Magn. and Atm. Electr. März 1906, p. 1—44; vergl. auch J. Elster und H. Geitel, diese Zeitschr. **7**, 493—498.

Das eigentliche Photometer ist in Fig. 1 im Längsschnitt, in Fig. 2 in Gesamtansicht abgebildet. Seinen wesentlichsten Teil bildet eine Zelle Z, die in hohem Wasserstoffvakuum eine hochempfindliche Rubidiumschicht[1]) R enthält, nebst einer ringförmigen *Pt*-Elektrode *Pt*. Die Zelle Z ist in eine lichtdichte Metallbüchse B eingesetzt, mit Bernstein isolierte Klemmschrauben $k_1 k_2$ vermitteln die Verbindung der Elektroden nach außen. Durch eine im Ansatzrohr G angebrachte Irisblende J fällt das Licht auf eine einseitig mattgeschliffene Platte aus Jenenser Violettglas V. Das von dieser ausgehende diffuse Licht löst den zu messenden photoelektrischen Effekt aus. — Die Lichtempfindlichkeit der Zelle ändert sich mit der Temperatur nicht unbeträchtlich; es war deshalb Sorge zu tragen, daß störende Erwärmungen der Zelle ferngehalten wurden. Diesen Zweck verfolgt 1. das als Lichtfilter dienende Violettglas, welches alle Strahlen, deren Wellenlänge $> 500\ \mu\mu$ ist[2]), absorbiert; 2. der Schirm S, der das ganze Instrument der direkten Strahlung entzieht; 3. Hochglanz-

1) Auch Na oder K würde verwendbar sein.

2) Nach kleinen Wellenlängen hin liegt die Grenze (bedingt durch die Absorption im Glas der Zelle) etwa bei $200\ \mu\mu$.

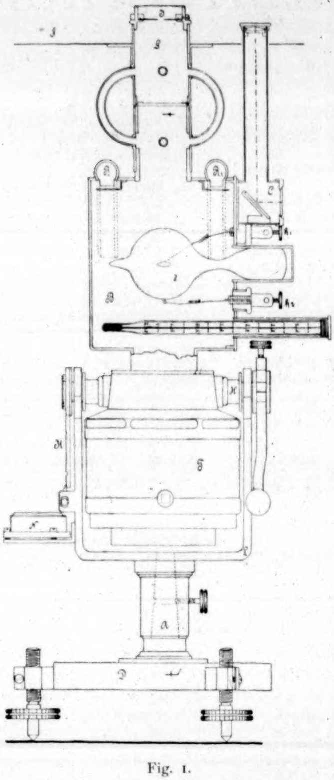


Fig. 1.

politur der Außenwände des Photometers, oder wo dies nicht möglich war, weißer Anstrich. Bei hohem Sonnenstand genügen diese Vorsichtsmaßregeln nicht völlig; es wird deshalb 4. durch eine kräftige mit Uhrwerk betriebene Turbine T dauernd ein Luftstrom durch den die Zelle enthaltenden Hohlraum gesaugt. Die Eintrittskanäle für die angesaugte Luft (RR_2) sind halbkreisförmig aufgewunden und innen geschwärzt, um fremdes Licht abzuhalten. So läßt sich die Temperatur der photometrischen Zelle stundenlang (auf einige Grade) konstant halten, so daß ein von dem Temperaturkoeffizienten der Lichtempfindlichkeit herrührender merklicher Fehler ausgeschlossen ist. Zur Kontrolle kann die Temperatur des Innenraumes B jederzeit an einem von außen zugänglichen Thermometer abgelesen werden. Das ganze Instrument ist auf einem von Stellschrauben getragenen Tische D so montiert, daß es um eine vertikale Achse A und um eine horizontale H, um letztere mittels Mikrometerschraube, drehbar ist. Zum Einstellen auf die Sonne

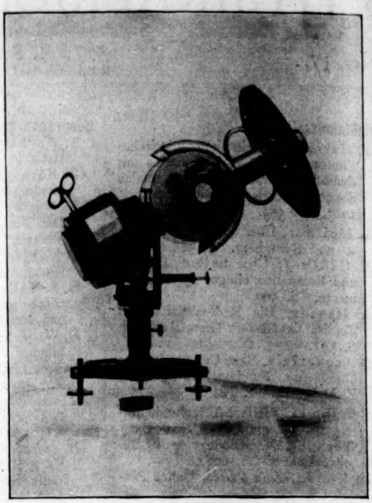


Fig. 2.

dient eine kleine Suchereinrichtung C. Fällt das von deren Frontlinie entworfene Sonnenbildchen mit dem in der Brennebene befindlichen Fadenkreuz zusammen, so ist das Photometer auf die Sonne gerichtet. Wenn die bei N angebrachte Libelle einspielt, so gibt eine mit H verbundene, an einem Nonius vorbeigleitende Teilung den Winkel der Photometerachse mit der Horizontalen, also auch die Sonnenhöhe, auf $0{,}2^0$ genau an. Eine lichtdichte Kappe gestattet noch das Rohr G völlig abzuschließen; das Galvanometer zeigte dann nie einen merklichen Ausschlag, ein Zeichen dafür, daß weder fremdes Licht noch Isolationsfehler vorhanden waren.

Die Schaltung ist aus Fig. 3 zu ersehen:

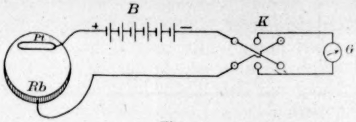


Fig. 3.

B ist eine Batterie von 6 Trockenelementen; ihr positiver Pol ist mit dem Pt-Ring, der negative über den Kommutator K und das Galvanometer[1]) G mit dem Rb-Belag der Zelle verbunden.

1) Empfindliches Drehspulengalvanometer von Hartmann & Braun. Die Empfindlichkeit, 1 *Sc. t* ca. 10^{-9} Amp. bei 2 m Abstand, brauchte nicht ausgenutzt zu werden; sie wurde durch Verkleinerung des Blendenquerschnitts reduziert. Gewöhnlich gab die Sonnenstrahlung in den Mittagsstunden etwa 300 *Skt* komm. Ausschlag, auf $^1/_2$ Proz. sicher.

Vorversuche zeigten, daß die Galvanometerausschläge der Lichtstärke proportional sind. Dies wurde geprüft: 1. mit Sonnenlicht während der Mittagszeit, wo die Sonnenhöhe genügend lange konstant bleibt, durch Variation der Öffnung der Irisblende: die Ausschläge waren der Blendenöffnung genau proportional; 2. mit Hilfe einer Bogenlampe durch Variation der Entfernung: Die Ausschläge waren nicht genau dem Quadrat der Abstände umgekehrt proportional; doch lassen sich die (unregelmäßigen) Abweichungen leicht erklären durch die Inkonstanz der Bogenlampe und die Unsicherheit der Einstellung der Photometerachse auf nahe Lichtquellen, für welche die Visiervorrichtung nicht eingerichtet ist.

Eine Änderung der Batteriespannung (6 Volt ca.) um 5 Proz. ergab nur eine Änderung des Galvanometerausschlags um ca. 2 Proz., so daß durch Temperaturänderungen bedingte Variationen der E.M.K. ohne merklichen Einfluß sind.

Messungen der Sonnenstrahlung an normalen Tagen[1]) ergaben, daß sich die Abhängigkeit von der Sonnenhöhe mit guter Übereinstimmung durch die Formel $S = S_0 p^{\frac{1}{\sin \vartheta}}$ darstellen läßt. Hier bezeichnet S_0 die Solarkonstante (in willkürlichem Maß), d. h. die Intensität an der äußeren Grenze der Atmosphäre, ϑ ist die Sonnenhöhe, p der Transparenzkoeffizient der Luft. p ergab sich im Mittel zu 0,72. Fig. 4 gibt die Beob-

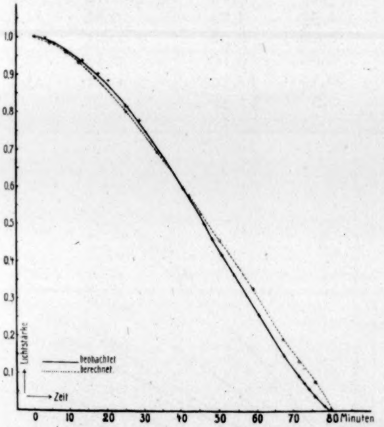


Fig. 4.

achtungen während der Finsternis wieder. Die Lichtstärke ist in Bruchteilen der Strahlung der unverfinsterten Sonne aufgetragen, die Zeit in Minuten vom ersten Kontakt an gerechnet.

1) l. c. S. 35—38.

Die ausgezogene Kurve verbindet die aus den Beobachtungen folgenden Punkte. Man sieht, daß die Lichtstärke mit dem Eintritt der Totalität auf Null sinkt; selbst zehnfache Empfindlichkeit ließ dann keinen Strom mehr erkennen. Das Koronalicht ist also nicht intensiv genug, um bei dieser Anordnung einen galvanometrisch meßbaren photoelektrischen Effekt hervorzurufen.

Unmittelbar nach dem Ende der Totalität verschwand die Sonne hinter dichten Wolken, so daß eine Beobachtung des Anstiegs der Strahlung nach der Totalität nicht möglich war. Die Untersuchung der Kurve auf ihre Symmetrie zu gleichen Zeiten vor und nach der Totalität war deshalb nicht ausführbar. Sie wäre von Interesse gewesen, da ohne Schwierigkeit objektiv hätte festgestellt werden können, ob eine Unsymmetrie, wie sie bei früheren Finsternissen beobachtet sein soll[1]), besteht oder nicht.

Nimmt man an, daß die Sonnenstrahlung während der Finsternis dem sichtbaren Teile der Sonnenfläche proportional ist, so erhält man die in Fig. 4 punktiert gezeichnete Kurve. Dabei sind die vereinfachenden — wie exaktere Rechnung zeigte, hier durchaus gestatteten — Annahmen gemacht, daß die scheinbaren Radien von Sonne und Mond gleich seien und die Bewegung des Mondmittelpunktes auf einem Sonnendurchmesser erfolge. Die Abweichungen sind besonders groß bei Annäherung an die Totalität, also wenn die Strahlung nur noch von den Randpartien der Sonne ausgeht; die beobachteten Werte sind dann stets zu klein. Zur Erklärung könnte man vielleicht an eine Erhöhung der Absorption in der Atmosphäre denken, die etwa durch die Ausscheidung von Nebeltröpfchen infolge der Abkühlung bei zunehmender Verfinsterung verursacht wäre. Viel wahrscheinlicher erscheint allerdings die Annahme, daß die peripheren Teile der Sonne mit geringerer Intensität strahlen. Dies ist inzwischen für ultraviolette Strahlen von K. Schwarzschild und W. Villiger[2]) auch durch Photometrieren von Sonnenphotographien nachgewiesen worden.

1) Vergl. dazu die Denkschrift für die Beobachter der Sonnenfinsternis 1905 von P. Cirera, Tortosa 1905. S. 9.
2) Diese Zeitschr. 6, 737, 1905.

Würzburg, Juli 1906.

(Eingegangen 20. Juli 1906.)

Über die Absorption der α- und β-Strahlen.

Von Lise Meitner.

Obwohl gerade in letzter Zeit namhafte Forscher sich mit der Untersuchung der Absorption der verschiedenen Strahlenarten befaßt haben, sind doch einerseits manche Beobachtungen noch strittig, andererseits die Durchdringungsverhältnisse von fundamentaler Bedeutung, da sie geeignet sind, Aufschluß über die Natur der Strahlen zu geben, so daß eine weitere Untersuchung der Frage wohl nicht überflüssig erscheinen dürfte. Auf Anregung des Herrn Dr. Stefan Meyer habe ich nun die Absorption untersucht, welche die α- und β-Strahlen eines durch Thorium B resp. Aktinium B induzierten Bleches beim Durchgang durch verschiedene Metallfolien erleiden.

Die Versuchsanordnung war dieselbe, die St. Meyer und E. v. Schweidler in ihren Untersuchungen angewendet haben. Auf den Kopf eines Aluminiumblattelektroskops mit Bernsteinisolation wurde eine Metallplatte von 18,5 cm Durchmesser aufgeschraubt, während ein Metalltischchen von 5 cm Durchmesser mittels eines Stiftes an dem Blättchenträger angebracht war. In das Tischchen war seitlich ein Metallstift eingeschraubt, der durch ein kleines Loch in der Platte herausragte und zur Ladung des Elektroskops diente. Über das Ganze war ein Topf aus verzinntem Eisenblech gestülpt. Die Ablesung geschah mittels Lupe, Spiegel und Skala.

Auf das Tischchen wurde ein Blatt Stanniol, das nach jeder Messung gewechselt wurde, und auf dieses das induzierte Blech gelegt. Über das Blech wurden dann die verschiedenen Metallfolien geschichtet, die durch einen Metallring niedergehalten waren, so daß man sicher sein konnte, daß das induzierte Blech vollständig von allen Folien bedeckt war. Die Messungen wurden bei den dicksten Schichten begonnen, die Metallfolien dann nach und nach abgenommen und schließlich die Entladungsdauer bei freier Oberfläche gemessen. Es wurde hierbei stets die gleiche Anfangsspannung von 218 Volt und die gleiche Spannungsabnahme von 8,8 Volt verwendet. Der beobachtete Strom, der unter diesen Voraussetzungen der Entladungsdauer verkehrt proportional ist, ist dann ein Sättigungsstrom. Die zeitliche Abnahme der induzierten Aktivität nach einem Exponentialgesetz wurde bei allen Messungen durch entsprechend angebrachte Korrektionen berücksichtigt. Für das durch Thorium induzierte Blech wurde die Halbierungskonstante gleich 11 Stunden, für das durch Aktinium aktivierte gleich 36 Minuten gesetzt.

Die Messungen wurden an Platin, Gold, Silber, Kupfer, Stanniol und Aluminium ausgeführt.

Hier seien zunächst bloß die Beobachtungen an induziertem Thorium B angeführt, während die Messungen für Aktinium nochmals wiederholt werden und einer späteren Publikation vorbehalten bleiben sollen.

Die aus den beobachteten Stromstärken als Ordinaten und den zugehörigen Dicken der Metallfolien als Abszissen konstruierten Kurven stellen für geringe Schichtdicken, also kleine Werte der Abszissen, die Gesamtwirkung der α- und β-Strahlen, im weiteren Verlauf bloß die β-Strahlung dar. Die γ-Strahlen spielen bei den zur Verwendung gekommenen Schichtdicken keine Rolle. Um die Kurven für α- und β-Strahlen getrennt zu erhalten, wurden die Werte der β-Strahlung für dünne Schichten durch Extrapolation bestimmt. Im folgenden sind die Resultate der Messungsreihen schon für α- und β-Strahlen getrennt und für alle Messungen auf denselben Anfangswert reduziert, zusammengestellt. Die erste Kolonne enthält die Logarithmen der Stromstärken, die zweite die Dicke der Metallschichten in $\mu = \mathrm{cm} \cdot 10^{-4}$.

1. α-Strahlung.

Platin Log. J	Platin μ	Gold Log. J	Gold μ
2	0	2	0
1,97	0,14	1,96	0,24
1,94	0,7	1,77	2,04
1,83	1,26	1,63	3,84
1,76	2,38	1,48	5,64
1,58	3,5	1,30	7,44
1,47	4,62	1,10	9,2
1,37	5,74	0,86	11,02
1,06	7,98	0,65	11,8
0,89	9,10	0,53	12,2
0,35	11,34	0,11	13,2
0,2	12,46		

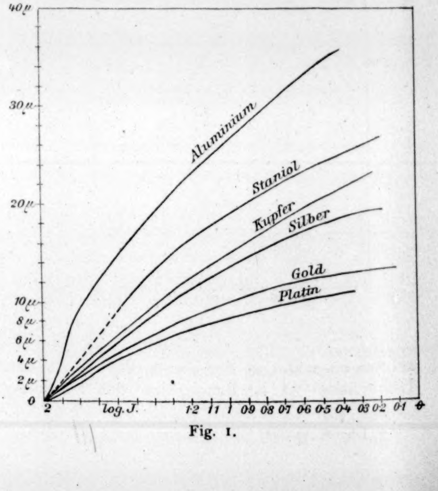


Fig. 1.

Silber

Log. J	μ
2	0
1,95	0,38
1,79	2,16
1,69	3,8
1,58	4,9
1,41	8,5
1,20	11,4
0,9	14,7
0,63	17,0
0,2	19,4

Kupfer

Log. J	μ
2	0
1,94	0,94
1,82	2,62
1,71	4,7
1,40	9,56
1,21	10,36
1,08	12,22
0,84	16,98
0,67	18,8
0,33	22,4

Stanniol

Log. J	μ
2	0
1,55	10
1,28	15
1,05	18,4
0,25	26,2

Aluminium

Log. J	μ
2	0
1,94	2
1,86	6
1,61	14
1,35	20
1,03	26
0,91	30
0,55	33,8
0,46	35

2. β-Strahlung.

Da bei den Messungen für Platin zu geringe Schichtdicken verwendet wurden, konnte die Kurve für die β-Strahlen nicht konstruiert werden.

Gold

Log. J	μ
2	0
1,67	11
1,41	21,6
1,20	32,4
1,12	43,2
1,02	64,8
0,93	75,6
0,86	86,4
0,81	97,2

Silber

Log. J	μ
2	0
1,89	41
1,81	59,2
1,69	68,4
1,63	85,5
1,61	102,6
1,55	112
1,37	129

Kupfer

Log. J	μ
2	0
1,87	42
1,7	84
1,49	126,9
1,25	228,3
1,10	246,3
1,0	330,9
0,75	432,9

Stanniol

Log. J	μ
2	0
1,83	40
1,67	80
1,55	120
1,34	200
1,19	280
1,06	360
0,97	440
0,84	600
0,77	760

Aluminium

Log. J	μ
2	0
1,68	96
1,52	192
1,42	288
1,25	480
1,18	576
1,09	768
0,96	960
0,82	1142
0,72	1344

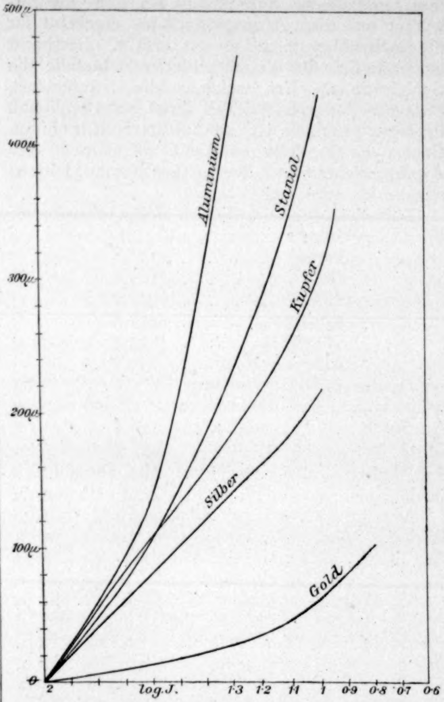


Fig. 2.

Die in Figur 1 konstruierten Kurven stellen die Abnahme der α-Strahlung mit zunehmender Dicke der Schichten dar. Sie zeigen, daß der Absorptionskoeffizient eine Funktion der Dicke ist, und zwar wächst er mit der Dicke der durchstrahlten Schicht, für schwere Metalle anscheinend rascher, für leichte langsamer. Alle Kurven weisen ferner eine eigentümliche Anfangsstörung auf, welche durch die Annahme einer weichen Sekundärstrahlung nicht genügend erklärt scheint. Vielleicht rührt dieselbe wenigstens teilweise von dem Umstand her, daß die Folien direkt auf das induzierte Blech gelegt wurden. Dadurch war der Winkel des Strahlenkegels verhältnismäßig groß, und die durch das Auflegen der ersten Metallfolien hervorgerufene Änderung desselben könnte schon ins Gewicht fallen. Tatsächlich fand Bragg bei seinen Untersuchungen, daß eine kaum merkbare Wirkung übrig bleibt, wenn man alle α-Strahlen abblendet, die das Blech nicht in senkrechter Richtung verlassen.

Das von Bragg (Philosophical Magazine Mai 1906) angegebene Gesetz, daß die Absorp-

tion angenähert proportional sei der Quadratwurzel aus dem Atomgewicht w, erscheint für die α-Strahlen ziemlich gut erfüllt. Bestimmt man nämlich für die verschiedenen Metalle die Schichtdicken, bei welchen die Stromstärke etwa auf den zehnten Teil ihres ursprünglichen Betrages gesunken ist, so muß nach dem obigen Gesetz das Produkt aus der Quadratwurzel des Atomgewichtes und den so bestimmten Dicken nahezu konstant sein.

Für diese Produkte haben sich nachstehende Werte ergeben:

Platin	138,3
Gold	162,1
Silber	158,2
Kupfer	137,5
Stanniol	193,4
Aluminium	155,5

Da das in Rede stehende Gesetz vollständig dahin lautet, daß die Absorption gleich ist dem Ausdruck $a\sqrt{w} + bw$, worin das zweite Glied nur einen kleinen Einfluß haben soll, so zeigen die angeführten Zahlenwerte eine genügende Übereinstimmung.

Aus den Messungen folgt weiter, daß die Wirkung der α-Strahlen verschwindet, wenn sie durch eine Aluminiumschicht von rund 39 μ Dicke hindurchgehen.

St. Meyer und E. v. Schweidler führen in ihrer letzten Arbeit an, daß 1 μ Aluminium ebensoviel absorbiere, wie 0,16 — 0,17 cm Luft. Daraus würde nach dem Vorstehenden folgen, daß die α-Strahlen des Thorium B keine merkliche Wirkung mehr ausüben, wenn sie eine Luftschicht von 6,3 cm Dicke passieren, was mit dem von St. Meyer und E. v. Schweidler hierfür angegebenen Werte von 6,4 cm gut übereinstimmt. Führt man die analoge Berechnung für die übrigen Metalle aus, so ergibt sich, daß 0,16 cm Luft die gleiche Absorption hervorrufen, wie 0,65 μ Stanniol, 0,5 μ Kupfer, 0,44 μ Silber, 0,29 μ Gold, 0,23 μ Platin.

Anders liegen die Verhältnisse bei der β-Strahlung. Daß hier eine Sekundärstrahlung vorhanden ist, scheint unzweifelhaft aus der Tatsache hervorzugehen, daß sich das Verhältnis der Intensität der β-Strahlung zur Intensität der Gesamtstrahlung, beide bei freier Oberfläche des induzierten Bleches, für die einzelnen Metallfolien verschieden berechnet.

Nachstehend die für $\frac{J_\beta}{J}$ erhaltenen Werte in Prozenten.

	$100\frac{J_\beta}{J}$
Gold	2,7
Silber	1,95
Kupfer	1,3
Stanniol	0,79
Aluminium	2

Infolge der Sekundärstrahlung wird sich erstens der Absorptionskoeffizient der ursprünglichen Strahlung mit den verschiedenen Metallen ändern, andererseits wird auch die hervorgerufene Sekundärstrahlung bei jedem Metall eine andere sein und die Resultate dementsprechend verschieden beeinflussen. J. M. Mc. Clelland (Nature, Bd. 71) fand, daß die Sekundärstrahlung mit dem Atomgewicht wächst, aber nicht proportional mit diesem, sondern weniger rasch. Auch die obigen Zahlenwerte zeigen mit Ausnahme des Wertes für Aluminium einen bestimmten Gang, der der Beobachtung Mc. Clellands entspricht.

Die Kurven zeigen, daß auch für die β-Strahlung die Absorption mit dem spezifischen Gewicht, aber langsamer wie dieses wächst. Dagegen nimmt der Absorptionskoeffizient mit der Dicke der Schichten anscheinend ab, was daran liegen mag, daß die Sekundärstrahlung erst bei einer bestimmten Dicke der Schichten in ihrem vollen Betrage auftritt und weniger stark absorbiert wird wie die primäre Strahlung. Das Gesetz der Konstanz der Produkte aus der Quadratwurzel der Atomgewichte in die Dicke der Schichten, für welche gleiche Abnahme des Entladungsstromes stattfindet, ist für die β-Strahlen auch nicht mehr angenähert erfüllt.

Wien, im Juni 1906.

(Eingegangen 23. Juli 1906.)

Über die Radioaktivität und Emanation einiger Quellensedimente.

Von Georg Gehlhoff.

Im Herbste 1905 gelangten die Sedimente einiger Heilquellen im Elektrotechnischen Laboratorium zu Aschaffenburg zur Untersuchung in bezug auf Aktivität und Emanation. Die Methode, welche zur Bestimmung der Aktivität der Sedimente diente, war die von Elster und Geitel[1]) in der Zeitschrift für Instrumentenkunde und andern Ortes beschriebene. Eine gewogene Menge der getrockneten, fein durchgesiebten Sedimente wurde auf dem Zinkteller eines Elster- und Geitelschen Zerstreuungsapparates[2]) mit Exnerschem Elektroskop mit Zerstreuungskörper ausgebreitet und die in dem durch die Schutzglocke luftdicht abgeschlossenen Luftvolumen in bestimmter Zeit bewirkte Zerstreuung gemessen. Vor und nach jeder Messung wurde die Zerstreuung des leeren Apparates bestimmt und

1) Elster und Geitel, Zeitschr. f. Instrumentenkunde, Juli 1901.

2) Sämtliche Apparate waren von der Firma Günther & Tegetmeyer in Braunschweig bezogen.

die erforderliche Korrektur in Abzug gebracht. Die Messungen wurden möglichst abgekürzt, um den Einfluß der Emanation, welche in Vorproben festgestellt wurde, vernachlässigen zu können. Ferner wurde zwischen den einzelnen Messungen für gute Lüftung sämtlicher Apparatteile gesorgt, um die induzierte Aktivität zu entfernen. Im folgenden ist stets derjenige Potentialabfall angegeben, welchen 125 gr der Sedimente in einer Stunde bewirkt haben würden.[1])

Die Art der Emanation der Sedimente wurde gleichfalls nach der Methode von Elster und Geitel[2]) bestimmt. An der vom Deckel eines 250 Liter fassenden Gefäßes, auf dessen Boden das Sediment lag, isolierten Spannungszuführung hing ein etwa 50 cm langer Bleidraht herab; nachdem das Sediment ein bis zwei Tage in dem Gefäße gewesen und die Luft in demselben mit Emanation bereichert hatte, wurde der Draht mehrere Stunden lang auf einer negativen Spannung von 2000 bis 2500 Volt gehalten, welche von einer aus Zambonisäulen bestehenden Hochspannungsbatterie geliefert und mit einem Braunschen Elektrometer gemessen wurde. Dann wurde die Abklingkurve der auf dem Drahte induzierten Aktivität mit dem zuerst genannten Apparate bestimmt und mit den bekannten Abklingungskurven der Radium- und Thoremanation verglichen.

1) Elster und Geitel, l. c.
2) Elster und Geitel, l. c.

Die zur Untersuchung gelangten Sedimente wiesen beträchtliche Unterschiede hinsichtlich der Stärke der Aktivität und Emanation auf. Konnten schon aus diesem Grunde bisweilen nur unsichere Werte erlangt werden, so kam noch dazu, daß einige Brunnenverwaltungen infolge der Schwierigkeiten der Herbeischaffung von Sedimenten, bedingt einerseits durch die schwere Zugänglichkeit der Brunnensohle, andererseits durch die geringe Abscheidung von Sedimenten durch die Quelle, nur beschränkte Mengen zur Verfügung stellen konnten. Auch wurden teilweise zur Untersuchung ungeeignete Materialien übersandt, z. B. Gestein der Brunnenfassungen usw.

Die nachfolgende Tabelle enthält die gefundenen Werte. Die Angaben in Reihe III sind teils aus diesbezüglichen Publikationen, teils aus Angaben und Prospekten der Brunnenverwaltungen entnommen.

Man sieht aus den obigen Zahlen, daß einzelne Sedimente recht beträchtliche Aktivitäten aufweisen. Namentlich die Kreuznacher Solequellen I und II sind so stark aktiv, daß nur geringe Mengen und Zeiten zu den Messungen angewandt werden durften. Es gelang leicht, mit denselben durch zweifaches Papier Photo-

I.	II.	III.	IV.	V.
Ort	Sedimente der Quelle	Von der Quelle durchbrochenes Gestein	Potentialabfall durch 125 g in einer Stunde	Bemerkungen
Kreuznach	Solequelle I	Kalk-, Schwer- und Flußspat	4740 Volt	Rotbraune Sedimente, fein gepulvert
„	Solequelle II		4130 „	
Münster a. Stein . .	Hauptbrunnen, Sedimente aus Badewasserreservoir		55 „	Schwarzbrauner Schlamm.
„ . .	Sedimente aus Mutterlaugenreservoir		740 „	Rotbrauner Schlamm.
Traben-Trarbach . .	Wildsteiner Felsenquelle	Quarz, Tonschiefer	125 „	Rotbrauner und gelber Schlamm.
Aßmannshausen a. Rh.	Mineralquelle (Lithiumquelle)	Rotschiefer, Quarzite	270 „	Rotbrauner Schlamm.
Aachen	Kaiserquelle	Kalk	380 „	Dunkelgrauer Schlamm.
			20 „	Feste, graue Abscheidungen, welche gepulvert werden.
Reichenhall	Reichenhaller Edelsole	Ton, Kalk, Mergel, Gips, Steinsalz	68 „	Graue Sedimente.
Wiesenbad in Sa. . .	Wiesenbaderquelle	Buntsandstein	76 „ [1])	Buntsandstein; nicht zerkleinert, nur gesiebt.
Salzschlirf	Steine aus Sprudel neben Bonifaziusquelle	Buntsandstein, Dolomit, Mergel	20 „	
Kissingen	Rakoczy	Buntsandstein, Mergel, Dolomit	227 „	Braunroter Schlamm; nur 11 g standen zur Verfügung.
Landeck in Schl. . .	Georgenquelle	Basalt, Gneis	100 „	Grauer Schlamm mit sehr viel Steinen.
	Marienquelle		110 „	
	Friedrichquelle		220 „	
	Wiesenquelle		—	Weißer Sinter (entnommen 13. Mai, untersucht Ende Okt.)
	Algen von der Brunnenfassung		—	Algen
Tübingen		Harter Basalttuff aus Fusi	—	Hartes Gestein, welches zerkleinert u. gesiebt wurde.
		Weicher Basalttuff „	—	
		Basalttuff v. Drachenberg	—	
Joachimsthal . . .		Wirksamstes Uranpecherz zum Vergleich	13000 [2]) (annähernd)	

1) Dieser Wert stimmt mit dem von Elster u. Geitel gefundenen (72,8) überein. Diese Zeitschr. **5**, 323, 1904.
2) Elster u. Geitel, l. c. S. 323.

graphien von Stanniolstreifen auf einer lichtdicht eingewickelten Schleußnerplatte in fünf- bis siebenstündiger Expositionszeit zu erhalten. Selbst Stanniolstreifen von 0,05 mm Dicke wurden durchdrungen. Ausführlichere Untersuchungen dieser Sedimente sind auch von Herrn Dr. Aschoff[1]) angestellt worden; er fand ähnlich hohe Zahlen, während aus dem Sinter gewonnenes Baryumsulfat außerordentlich hohe Potentialfälle bewirkte.

Die Art der Emanation der Sedimente wurde nach der oben erklärten Methode untersucht. Die erhaltenen Abklingungskurven der induzierten Radioaktivität wurden zum besseren Vergleich mit der Abklingungskurve für Radium nach Curie so transformiert, daß die für $t = 15^m$ gültigen Werte übereinstimmten. (Die gestrichelten Kurven sind immer die für Radium gültigen Abklingkurven nach Curie.)

Fig. I zeigt die Abklingkurven der Sedimente der Kreuznacher Solequellen I und II. Sie verlaufen fast identisch, beide aber weniger steil als die Vergleichskurve. Die durch die Emanation dieser Sedimente induzierte Radioaktivität klingt also langsamer ab als die Radiumemanation, was auf Gehalt an aktivem Thor schließen läßt, welches auch nebst anderen Edelerden in den Trennungsprodukten der Sedimente von Aschoff[2]) gefunden wurde. Der Hauptbestandteil der aktiven Substanzen dürfte aber wohl Radium sein.

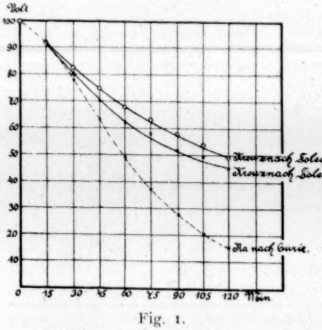


Fig. 1.

Fig. 2 zeigt die Abklingkurve der Salzschlirfer Sedimente. Dieselbe deutet vorwiegend auf Radium-, vielleicht auf geringe Mengen von Thorgehalt der Sedimente; die Werte sind nicht sehr zuverlässig, da nur geringe Mengen der schwach aktiven Sedimente zur Verfügung standen.

Fig. 3 zeigt die Abklingkurven der zwei Sedimentproben der Aachener Kaiserquelle.

1) Aschoff, Zeitschr. f. öffentl. Chemie **15**, 1905.
2) Aschoff, l. c. S. 6.

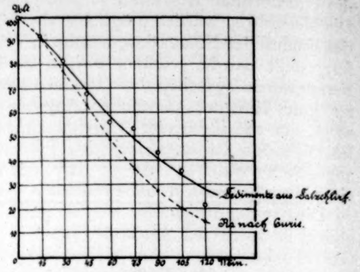


Fig. 2.

Beide schließen sich der für Radium gültigen Kurve sehr gut an. Von der Kurve der festen Ablagerungen der Kaiserquelle, welche geringe Aktivität besaßen, konnten nur sechs Punkte einigermaßen gut bestimmt werden.

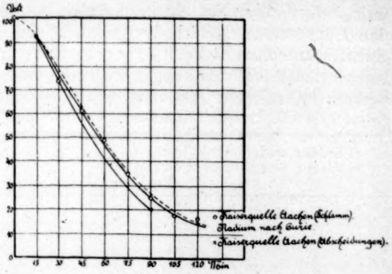


Fig. 3.

Einen merkwürdigen Verlauf zeigen die Abklingkurven der Sedimente der Landecker Georgen-, Marien- und Friedrichquelle, nämlich zuerst eine größere, dann nach $^3/_4$ Stunden eine schwächere Abnahme der induzierten Aktivität. Da die drei Kurven untereinander sehr ähnlich aussehen, so scheint ein Fehler ausgeschlossen zu sein.

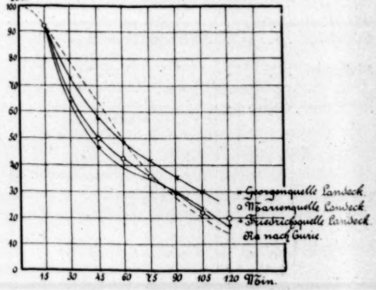


Fig. 4.

Die Abklingkurve der Aßmannshauser Quellablagerungen schließt sich der Abklingkurve der Radiumemanation vollständig an (Fig. 5).

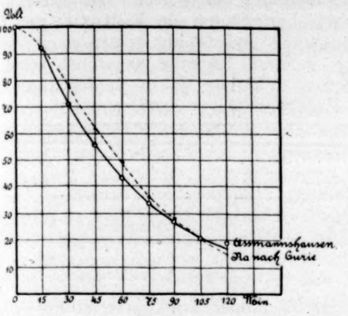


Fig. 5.

Die Kurven der Sedimente aus Münster a. St. weichen etwas von der Radiumkurve ab, doch deuten beide vorwiegend auf Radiumgehalt der Sedimente (Fig. 6).

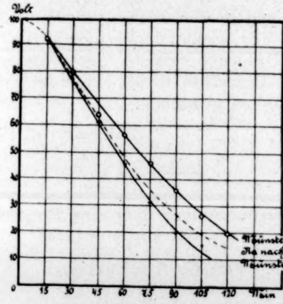


Fig. 6.

Die Kurven der Reichenhaller und Wiesenbader Quellablagerungen sind leider nicht sehr

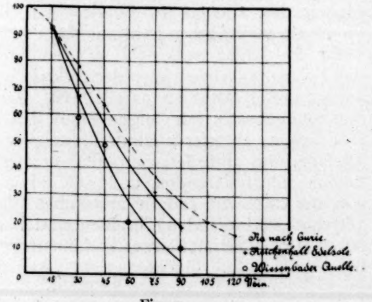


Fig. 7.

zuverlässig, da die auf dem Drahte induzierten Aktivitäten wegen der geringen Mengen, welche zur Verfügung standen, nicht sehr groß, die gemessenen Potentialabfälle infolgedessen nicht sehr sicher waren; auch konnten von beiden nur sechs Punkte bestimmt werden, doch seien sie der Vollständigkeit halber auch wiedergegeben (Fig. 7).

Aus Kissingen waren nur 11 gr, aus Trarbach nur 70 gr Sedimente gesandt; die Abklingkurven der Emanation derselben konnten deswegen leider nicht bestimmt werden.

Zum Schlusse sei es mir gestattet, den einzelnen Brunnenverwaltungen für die Bereitwilligkeit und weitgehende Unterstützung derselben zu danken. Die Untersuchungen fanden im Auftrage des Elektrotechnischen Laboratoriums Aschaffenburg (Chefingenieur F. Dessauer) statt, welchem ebenfalls für die Durchführung und Unterstützung der Arbeiten an dieser Stelle gedankt sei.

Potsdam, im Mai 1906.

(Eingegangen 23. Juli 1906.)

Die Radioaktivität des Teplitz-Schönauer Thermalwassers.

Von Arthur Hauser.

Im Anschluß an die Untersuchungen von H. Mache und St. Meyer[1]) habe ich fortlaufende, über den Zeitraum eines Jahres sich erstreckende Messungen der Radioaktivität des Teplitz-Schönauer Thermalwassers durchgeführt, über deren Resultate hier kurz berichtet sei.

Die Messungen wurden an der wichtigsten und ergiebigsten, die meisten Bäder speisenden der Teplitzer Thermalquellen, der „Urquelle", vorgenommen. Die Entnahme der Wasserproben erfolgte direkt im Quellenschachte, unter allen jenen Vorsichtsmaßregeln, wie sie bereits bei der Abfüllung jener Proben beobachtet wurden, die ich im Oktober und November 1904 nach Wien sandte (von H. Mache u. St. Meyer, l. c.).

Die Methode der Untersuchung folgte genau der von Mache und Meyer (Wiener Ber. **114**, IIa, S. 355) beschriebenen Anordnung. Der Emanationsgehalt wird nach dem Vorgange dieser Autoren in der folgenden Tabelle durch den Spannungsverlust (Volt in 15 Minuten, auf 1 Liter Wasser berechnet) wiedergegeben.

1) H. Mache, Wiener Ber. **113**, Abt. IIa, 1329, 1904; H. Mache und St. Meyer, ebenda **114**, Abt. IIa, 355 und 545, 1905; H. Mache, St. Meyer und E. v. Schweidler, Wiener Anz. vom 16. Februar 1905; H. Mache u. St. Meyer, diese Zeitschr. **6**, 692, 1905.

Datum	Luftdruck	Volt in 15 Min.
4. Februar 1905 . . .	747	112
7. " " . . .	747	114
17. " " . . .	746	110
24. " " . . .	741	116
27. " " . . .	—	113
4. März " . . .	744	102
15. " " . . .	739	108
17. " " . . .	—	108
20. " " . . .	744	107
7. April " . . .	739	105
11. " " . . .	733	112
14. " " . . .	745	107
17. " " . . .	740	110
27. " " . . .	744	110
18. Juli " . . .	745	90
2. August " . . .	743	96
27. Oktober " . . .	751	122
3. November " . . .	743	110
10. " " . . .	742	106
15. " " . . .	731	113
11 Dezember " . . .	762	113
18. Januar 1906 . . .	745	108
5. Februar " . . .	744	99

Ein kurzer Überblick der vorstehenden Tabelle zeigt, daß in dem Beobachtungsjahre auffallend große Schwankungen nicht wahrgenommen wurden, und daß man wohl berechtigt sein dürfte, die Radioaktivität der Urquelle als eine Eigenschaft von beträchtlicher Konstanz anzusehen. Der bei weitem größte Teil der ermittelten Zahlen liegt in nächster Nähe des mit 108 errechneten Durchschnittswertes.

Was den etwaigen Zusammenhang der beobachteten Schwankungen mit anderen, der Messung zugänglichen Faktoren betrifft, so war ein solcher mit der Eigentemperatur der Urquelle schon deshalb nicht anzunehmen, weil dieselbe mit hoher Konstanz den Wert von 45,7—45,9^0 C innehielt.

Ebenso war eine Abhängigkeit der Radioaktivität von der Lufttemperatur a priori unwahrscheinlich, und die Beobachtung bestätigte diese Vermutung, so daß die Anführung der diesbezüglichen Zahlen in der obenstehenden Tabelle unterlassen wurde.

Am ehesten wäre noch eine Abhängigkeit des Emanationsgehaltes vom Barometerstande anzunehmen gewesen, obwohl die Armut der Urquelle an Quellgas (zur Ansammlung von 1 Liter Gas in einer über einen Trichter gestülpten Flasche benötigte ich einen vollen Tag) auch dieser Annahme nicht günstig war. In der Tat lassen sich engere Beziehungen zwischen Luftdruck und Emanationsgehalt aus unseren Messungen nicht ableiten, und es genügt, darauf hinzuweisen, daß z. B. der beobachtete niedrigste und höchste Wert (90 am 18. Juli 1905, bezw. 122 am 27. Oktober 1905) bei ungefähr gleichem Barometerstande (745, bezw. 751 mm) festgestellt wurden.

Es verdient noch bemerkt zu werden, daß auch das Wasser der Teplitzer Trinkwasserleitung einen auffallend hohen Grad von Radioaktivität aufweist. Derselbe betrug im Durchschnitt von sechs Messungen 59 Volt (Maximum 64, Minimum 52) = 2,57 $i \cdot 10^3$ E.S.E. Dieser Wert übertrifft um ein Vielfaches den Emanationsgehalt anderweitig gemessener Tagwässer, von welchen folgende angeführt seien (zitiert nach v. d. Borne, Jahrbuch der Radioaktivität u. Elektronik **2**, 77—108, 1905):

Autor	Quelle	Aktivität in $i \cdot 10^3$ E.S.E.
Schmidt . .	Wahlsborn im Dambachtal bei Wiesbaden.	5,4—4,6
Mache . . .	Wiener Leitungswasser	0,08
v. d. Borne .	Grundwasser in Berneuchen (Prov. Brandenburg)	0,04
"	Jenenser Leitungswasser	0,08

Die Teplitzer Trinkwasserleitung wird aus dem von den Abhängen des Erzgebirges kommenden Grundwasserstrome gespeist, und es erscheint die Annahme gerechtfertigt, daß derselbe Bodenschichten passiert, welche sich durch besonders hohen Emanationsgehalt auszeichnen. Vielleicht wird es gelingen, durch Untersuchung von Wasserproben aus den Sammelkanälen der Leitung, eventuell durch Messung des Emanationsgehaltes der Bodenluft im Ursprungsgebiete der Wasserleitung, über die Ursachen dieses Phänomens nähere Aufklärung zu gewinnen.

(Eingegangen 1. Juli 1906.)

Neue Untersuchungen über eine Fundamentalfrage der Elektrooptik.

Von G. Aeckerlein.

Nachfolgende Arbeit verdanke ich der Anregung von Herrn Dr. Mandelstam in Straßburg. Die Arbeit bildet die praktische Ausführung einer von Herrn Dr. Mandelstam vorgeschlagenen Versuchsmethode.

Nach Kerr wird die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes in ponderablen Körpern durch ein elektrisches Feld nur dann beeinflußt, wenn das Licht senkrecht zu den Kraftlinien des Feldes polarisiert (also der elektrische Lichtvektor den Kraftlinien parallel) ist. Der Fundamentalversuch war folgender.[1]) Mittels des Jaminschen Interferentialrefraktors wurde ein System von Interferenzstreifen erzeugt. Die beiden interferierenden und auf ihrem Wege von der einen zur andern Jaminschen Glasplatte getrennt verlaufenden Strahlenbündel wurden durch ein Gefäß mit Schwefelkohlenstoff geleitet. In dieses Gefäß tauchten zwei Kondensator-

1) J. Kerr, Phil. Mag. **37**, 380, 1894.

platten so ein, daß das eine Strahlenbündel zwischen ihnen, das andere außerhalb des Kondensators hindurchlief. Die eine Kondensatorplatte war geerdet, die andere mit dem Konduktor einer Elektrisiermaschine verbunden. Wurde nun zwischen den Kondensatorplatten ein Feld erregt, so beobachtete Kerr unregelmäßige Verschiebungen und Störungen der Interferenzstreifen, zeitweilig sogar völliges Verschwinden derselben. Benutzte er aber Licht, das senkrecht zu den Kraftlinien polarisiert war, so zeigte sich ungeachtet aller Störungen ein durchaus regelrechtes und von den regellosen Veränderungen des Interferenzbildes deutlich zu unterscheidendes Springen des ganzen Streifensystems, sobald die geladene Kondensatorplatte plötzlich entladen wurde, also das Feld zusammenfiel. War das Licht parallel zu den Kraftlinien polarisiert, so war dieses Springen der Streifen niemals zu bemerken. Die einfachste Deutung des Versuchs ist diese: die unregelmäßigen Störungen rühren von Konvektionsströmen und Temperaturdifferenzen innerhalb der Flüssigkeit her; das regelmäßig wiederkehrende Springen der Streifen dagegen ist das sichtbare Merkmal einer plötzlichen Änderung des Brechungsexponenten der Flüssigkeit zwischen den Kondensatorplatten für Licht, welches senkrecht zu den Kraftlinien des Feldes polarisiert ist.

Bereits 11 Jahre früher hatte Quincke[1]) ähnliche Versuche gemacht. Auch er beobachtete unregelmäßige Störungen der Streifen, aber nicht deren Springen im Momente der Entladung.[2])

Dieselben Beobachtungen wie bei Schwefelkohlenstoff machte Kerr bei Paraffinöl, Rüböl und Seehundstran.

Der größte bei CS_2 beobachtete Sprung betrug $^4/_5$ Streifenbreite. Da Kerr bemerkt, daß ihm noch ein Springen um $^1/_{100}$ Streifenbreite nicht hätte entgehen können, so muß die Änderung des Brechungsexponenten durch ein elektrisches Feld für Licht, welches parallel zu den Kraftlinien polarisiert ist, weniger als den 80. Teil der Änderung betragen, die für senkrecht zu den Kraftlinien polarisiertes Licht stattfindet.

Nach ungefähren Messungen Kerrs an einer außerordentlich großen Zahl der verschiedensten Flüssigkeiten[3]) zeigte CS_2 den Effekt der elektrischen Doppelbrechung am stärksten. Da fand Schmidt[4]) bei Ausdehnung der Kerrschen Messungen auf leitende Flüssigkeiten im Nitrobenzol, das bereits von Kerr qualitativ, aber wegen seiner Leitfähigkeit nicht quantitativ untersucht worden war, einen Stoff, der die Kerrsche Doppelbrechung etwa 60 mal so stark zeigt, wie CS_2.

1) G. Quincke, Wied. Ann. **19**, 729, 1883.
2) Näheres siehe G. Quincke, Phil. Mag. **37**, 508, 1894 und Erwiderung von Kerr, Phil. Mag. **38**, 144, 1894.
3) J. Kerr, Phil. Mag. **8**, 85 u. 229, 1879; Phil. Mag. **13**, 153 u. 248, 1882.
4) W. Schmidt, Ann. d. Phys. **7**, 142, 1902.

Zweck der vorliegenden Arbeit war es nun, die Kerrschen Versuche mit Interferentialrefraktor an Nitrobenzol und event. verwandten Stoffen zu wiederholen, um womöglich die bisher nicht beobachtete Wirkung eines Feldes auf Lichtschwingungen senkrecht zu den Kraftlinien zu konstatieren und damit einen Widerspruch zu beseitigen, der bisher zwischen Beobachtung und Theorie bestand.

Theorie.

Eine von den Anschauungen der Elektronentheorie ausgehende Entwicklung hat Voigt durchgeführt.[1]) Er betrachtet die Einwirkung eines elektrischen Feldes auf ein Licht emittierendes Gas. In einem solchen finden Schwingungen der Elektronen um gewisse Gleichgewichtslagen statt. Sind die Elongationen aus den Gleichgewichtslagen klein, so können die rücktreibenden Kräfte wie bei elastischen Verschiebungen diesen proportional gesetzt werden. Kommt nun ein äußeres elektrisches Feld hinzu, so wird dadurch zweierlei bewirkt:

1. eine Verschiebung der Gleichgewichtslage der Elektronen. Diese Verschiebung ist bei nicht sehr schwachem Felde derart, daß höhere Potenzen davon in der Rechnung berücksichtigt werden müssen und zwar zunächst die dritten Potenzen, unter der Annahme, daß die rücktreibenden Kräfte rings um die ursprüngliche Gleichgewichtslage eines Elektrons nach Richtung und Größe symmetrisch sind. Daraus aber folgt

2. eine Veränderung der ursprünglichen Schwingungsdauer τ der Elektronen und zwar von verschiedenem Betrage je nach der Schwingungsrichtung. Für Schwingungen senkrecht zu den Kraftlinien des äußeren Feldes beträgt die Veränderung der Periode:

$$\tau - \tau_s = \frac{k' e^2 R^2}{8 \pi^2 m k^2} \cdot \tau^3;$$

für Schwingungen parallel zu den Kraftlinien dagegen das dreifache:

$$\tau - \tau_p = 3 \cdot \frac{k' e^2 R^2}{8 \pi^2 m k^2} \cdot \tau^3.$$

Hier ist m die Masse eines Elektrons, e seine Ladung, R die Feldstärke. k und k' sind Konstanten des Gases.

Bei dieser Entwicklung sind die gegenseitigen Wechselwirkungen der Elektronen untereinander vernachlässigt.

1) W. Voigt, Ann. d. Phys. **4**, 197, 1901.

Das Resultat ist also:

Für die Beobachtung senkrecht zu den Kraftlinien des elektrischen Feldes muß eine Spektrallinie des leuchtenden Gases in zwei zerfallen; ein Effekt, der wegen seiner Kleinheit bisher noch nicht beobachtet werden konnte.

Was nun von dem Einfluß eines elektrischen Feldes auf die Schwingungen der Elektronen eines leuchtenden Gases gilt, läßt sich auch auf die Elektronen anderer isotroper Dielektrika übertragen.

Insofern also durch die Schwingungsdauer der Elektronen das optische Verhalten eines Körpers, speziell sein Brechungsexponent, bestimmt ist, wird dieser unter der Einwirkung eines elektrischen Feldes entsprechende Änderungen erleiden, wie die Schwingungsdauer der Elektronen. D. h. der Brechungsexponent wird sich sowohl für Lichtschwingungen senkrecht zu den Kraftlinien des Feldes, wie für solche parallel zu den Kraftlinien verändern. Im letztern Falle aber wird die Änderung dreimal so groß sein als im ersteren.

Die Beziehung zwischen Brechungsexponent n und den Schwingungsperioden τ_h der verschiedenen Elektronengattungen ist für isotrope Körper und Spektralgebiete, in denen keine Absorptionsstreifen liegen, gegeben durch[1])

$$n^2 = 1 + \Sigma \frac{\varepsilon_h \cdot \vartheta^2}{\vartheta^2 - b_h},$$

wobei die Summation über die verschiedenen Elektronengattungen zu erstrecken ist. Hier ist $2\pi\vartheta$ die Periode der durchgehenden Lichtschwingungen, $2\pi\sqrt{b_h} = \tau_h$ die Schwingungsdauer der $h$ten Ionengattung, ε_h eine für diese Ionengattung charakteristische Konstante.

Eine ältere theoretische Arbeit von Voigt[2]), welche von allgemeinen elektromagnetischen Anschauungen ausgeht, ohne eine besondere Konstitution der Körper zu Hilfe zu nehmen, führt zu dem gleichen Resultate, wie die eben kurz skizzierte Entwicklung; ebenso eine Arbeit von Pockels[3]), die sich wesentlich auf dem Boden der Fresnelschen Theorie der Lichtfortpflanzung hält, indem die in dieser Theorie auftretenden Körperkonstanten als Funktionen der Feldstärke angenommen werden. Ein dritter Ansatz von Voigt dagegen[4]) ergibt über das Größenverhältnis der Feldwirkung auf die beiden Schwingungskomponenten, parallel und senkrecht zu den Kraftlinien, nichts, sondern überläßt dessen Bestimmung der willkürlichen Verfügung über die Konstanten. Abgesehen von diesem letzten Ansatz fordert also die Theorie eine Beeinflussung der Lichtgeschwindigkeit durch ein elektrisches Feld und zwar sowohl für Lichtschwingungen parallel, wie senkrecht zu den Kraftlinien. Bei beiden Polarisationszuständen ist die Änderung der Lichtgeschwindigkeit von gleichem Vorzeichen, aber von verschiedener Größe, indem sich die Geschwindigkeit für Schwingungen parallel zu den Kraftlinien dreimal so stark ändert, wie für Schwingungen senkrecht zu den Kraftlinien.

Dieser Forderung der Theorie wird durch die Beobachtungen Kerrs nicht genügt.

Prinzip der Versuche.

Als geeignetster optischer Apparat bot sich der von Kerr benutzte, der Jaminsche Interferentialrefraktor, dar. Zu prüfen war also, ob die von Kerr bei seinen Versuchen mit Schwefelkohlenstoff und anderen Flüssigkeiten vergeblich gesuchte Verschiebung der Interferenzstreifen sich bei dem viel stärker wirksamen Nitrobenzol zeigen würde, für den Fall, daß das die Interferenzstreifen erzeugende Licht parallel zu den Kraftlinien des elektrischen Feldes polarisiert ist.

Unter den elektrischen Apparaten waren bei der Leitfähigkeit des Nitrobenzols solche ausgeschlossen, welche statische oder langsam veränderliche Felder liefern, und es kamen nur schnelle Schwingungen in Betracht. Erzeugt man aber zwischen den Kondensatorplatten der Kerrschen Zelle ein schnelles Wechselfeld, so erhält man ebenso schnelle periodische Veränderungen der Dielektrizitätskonstante, also der Lichtgeschwindigkeit. Die mit Hilfe der Jaminschen Platten hervorgerufenen Interferenzstreifen werden also dementsprechend bei geeigneter Polarisation des Lichtes hin und her oszillieren mit solcher Schnelligkeit, daß sie für die Beobachtung verschwinden und an ihre Stelle gleichförmige Helligkeit tritt.

Ein Einfluß des Feldes auf die Fortpflanzung der Lichtschwingungen wird sich also dadurch bekunden müssen, daß die Interferenzstreifen während der Dauer des Wechselfeldes verschwinden.

Erzeugt man das schnelle Wechselfeld dadurch, daß man die Platten des Kerrschen Kondensators mit den Kugeln einer Funkenstrecke verbindet und den so gebildeten Kondensatorkreis in Schwingungen versetzt, so wird, da der Ladungsmechanismus nur eine beschränkte Anzahl von Ladungen des Kondensators pro Sekunde gestattet, die Dauer jeder Entladung aber sich nach Hunderttausendsteln einer Sekunde bemißt, das Feld nur während eines verschwindenden Bruchteils einer Sekunde vorhanden sein. Während des andern, bei weitem überwiegenden Teiles der Sekunde

1) P. Drude, Wied. Ann. **48**, 542, 1893; W. Voigt, Wied. Ann. **69**, 297, 1899; P. Drude, Lehrbuch der Optik, 352, 1900.

2) W. Voigt, Wied. Ann. **69**, 314, 1899.

3) F. Pockels, Gött. Nachr. 102, 1896.

4) W. Voigt, Wied. Ann. **69**, 298, 1899.

existiert kein Feld. Benutzt man also zur Hervorrufung der Interferenzstreifen eine konstant leuchtende Lichtquelle, etwa Auerlicht, so werden die Streifen fast während einer ganzen Sekunde für das Auge sichtbar und nur während einiger Hunderttausendstel der Sekunde verschwunden sein. Infolge der Nachdauer von Lichteindrücken wird dieses momentane Verschwinden nicht wahrgenommen werden. Soll man das Verschwinden der Interferenzstreifen sehen, so darf die Lichtquelle nur während der Dauer des Wechselfeldes leuchten. Dies wird am leichtesten durch Funkenbeleuchtung erreicht, wie es im folgenden beschrieben ist.

Versuchsanordnung.

Der optische Apparat (in Fig. 1 von oben gesehen für sich gezeichnet) besteht aus den

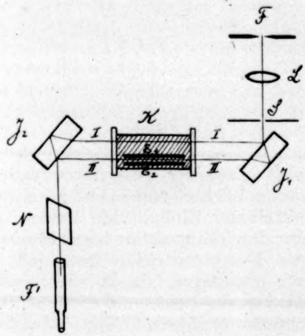


Fig. 1.

beiden Jaminschen auf der Rückseite versilberten Glasplatten J_1 und J_2, der als Lichtquelle dienenden Funkenstrecke F, einer Konvexlinse L, welche die vom Funken ausgehenden Lichtstrahlen angenähert parallel macht, einem vertikalen Spalt S zur Abblendung störender Reflexe an der Platte J_1, einem drehbaren Nicol N und dem mit Fadenkreuz versehenen Fernrohr F'. Die beiden miteinander interferierenden Strahlenbündel I und II passieren die Kerrsche Zelle K. Diese besteht aus einem in horizontaler Lage befestigten Glaszylinder von ca. 15 cm Länge und 7 cm Durchmesser, an dessen beiden Enden zwei Spiegelglasplatten von 7 und 9 mm Dicke mittels Hausenblase einander parallel angekittet sind. Oben trägt der Zylinder zwei (in der Figur nicht gezeichnete) Ansatzröhrchen zum Einfüllen der Flüssigkeit und zur Einführung der Zuleitungsdrähte für die beiden Kondensatorplatten E_1 und E_2. Dies sind zwei dicke, vertikale Zinkplatten von 14 cm Länge und 5 cm Höhe. Am unteren und oberen Rande der Platten sind deren Länge nach Glasstäbe befestigt mit Hilfe von Seidenfäden, welche durch kleine Löcher in den Platten hindurchgezogen sind. Diese Glasstäbe halten die Platten in etwa 1 cm Abstand voneinander, ohne die Längsdurchsicht zwischen ihnen hindurch zu stören.

Der elektrische Apparat (in Fig. 2 für sich zu sehen) besteht nach dem Vorschlag von Herrn Dr. Mandelstam aus folgendem.

J ist ein Induktorium. Der Strom für die Primärspule wird von einer Anzahl Akkumulatoren geliefert und mittels eines Quecksilberstrahlunterbrechers unterbrochen. Die Pole der Sekundärspule sind mit einer Funkenstrecke F_1 verbunden. Das Überschlagen eines Funkens an F_1 leitet Schwingungen in einem Kondensatorkreise I ein, der gebildet wird von einer Kapazität C_1 (2 Leydener Flaschen, 1900 cm und 2200 cm), einer veränderlichen Selbstinduktion P_1 und einer Kreisschlinge Kr, bestehend aus fünf Windungen von 32 cm Durchmesser. Die Schwingungsdauer des Kreises I beträgt ca. $90 \cdot 10^{-8}$ sec. Mittels der Kreisschlinge Kr induziert der Kondensatorkreis I auf eine große Anzahl von Windungen P_2 des Kreises II. Die in II induzierten Schwingungen erregen endlich den Kreis III, der den Kerrschen Kondensator enthält. Der Kreis III besteht aus der Funkenstrecke F_2 und der ganz kleinen, ca. 1 mm langen Funkenstrecke F_3; ferner aus der veränderlichen Selbstinduktion P_3 und, je nach Stellung des Kommutators C, aus dem Kerrschen Kondensator K oder von einer Kapazität von etwa gleicher Größe C' (Glasplatte mit Stanniolbelegungen). Die Kapazität des Kerrschen Kondensators mit Nitrobenzol gefüllt beträgt ca. 520 cm. Wird das Induktorium in Tätigkeit gesetzt, so steigt die Spannung zwischen den Platten des Kerrschen Kondensators, bezw. des Kondensators C' so lange an, bis bei F_2 und F_3 Funken überschlagen, worauf das Feld zwischen den Kondensatorplatten oszillatorisch zu Null abfällt. Der kleine Funke F_3 dient als Lichtquelle. Er springt zwischen Zinkspitzen über. Ein langer Funke und ein Funke zwischen Kugeln verändert zu sehr seine Lage und gibt daher eine unregelmäßige Beleuchtung. Die Schlagweite des Funkens F_2 gibt ein ungefähres Maß für die Spannung zwischen den Platten des Kerrschen Kondensators. Diese wurde außerdem noch zeitweilig kontrolliert durch eine unmittelbar an den Kerrschen Kondensator angelegte Funkenstrecke.

Das Wesentliche und für elektrooptische Versuche wohl Neue der Anordnung ist die induktive Erregung des Gesamtkreises (II, III). Bei direkter Erregung durch das Induktorium ist wegen der Leitfähigkeit des Nitrobenzols keine

genügende Spannung zwischen den Platten des Kerrschen Kondensators zu erzielen. Der Kreis (II, III) als Ganzes ist auf I abgestimmt. Die Intensität der Funken bei F_2 (und F_3) ist die gleiche, wenn sich K, wie wenn sich C' im Kreise III befindet. Ist C' eingeschaltet, so leuchtet der Funke F_3, ohne daß zwischen den Platten des Kerrschen Kondensators ein Feld vorhanden ist.

Der optische Apparat wird nun so justiert, daß beim Spielen des Funkens F_3 und Einschaltung von C' in III (also ohne Feld zwischen den Kerrschen Kondensatorplatten) im Fernrohr F' horizontale, farbige Interferenzstreifen mit einem achromatischen Streifen in der Mitte erscheinen. Dieser Mittelstreifen wird durch Heben oder Senken des Fernrohrs oder durch Verstellung der Platte J_2 auf den Schnittpunkt der Fäden im Fernrohr eingestellt. Hierauf kann der Versuch beginnen.

Versuche mit Nitrobenzol.

1. Nicol N mit Hauptschnitt vertikal gestellt, also Lichtschwingungen senkrecht zu den Kraftlinien des Feldes. In den Kreis III ist zunächst der Kondensator C' eingeschaltet. Im Gesichtsfeld des Fernrohrs erscheinen also die Interferenzstreifen in der zuletzt beschriebenen Weise, hervorgerufen durch Strahlen, die auf ihrem Wege keinem elektrischen Felde ausgesetzt sind. Wird jetzt der Kommutator C umgelegt, so daß zwischen den Platten des Kerrschen Kondensators ein Feld entsteht, so bleiben die Streifen sichtbar und unverrückt, haben aber ein ganz anderes Aussehen als vorher. Sie erscheinen nämlich matt und in ihren Farben verblaßt, gleichsam wie durch einen weißen Nebel oder Schleier hindurch gesehen. Entfernt man das Feld durch Zurücklegen des Kommutators, so nehmen die Streifen sofort ihr früheres Aussehen wieder an. Läßt man das Feld mehrere Sekunden lang einwirken, so verschieben und verzerren sich allmählich die Streifen in unregelmäßiger Weise und beginnen zu wandern. Diese, zweifellos auf Konvektionsvorgänge und ungleiche Erwärmung im Innern des Nitrobenzols zurückzuführenden Störungen sind aber deutlich zu unterscheiden von dem momentan mit dem Entstehen des Feldes auftretenden Verblassen der Streifen, wobei sie ihre Form und Lage unverändert beibehalten. Sind die Verzerrungen der Streifen einmal da, so bleiben sie auch nach Entfernung des Feldes noch eine Zeitlang bestehen und verschwinden nicht sofort, wie das verblaßte Aussehen der Streifen. Erhöht man die Spannung zwischen den Platten des Kerrschen Kondensators, so wird das Verblassen der Streifen im Moment des Auftretens der Spannung stärker und stärker, bis die Streifen schließlich bei den höchsten erreichbaren Spannungen kaum noch zu sehen sind. Bei den höchsten Spannungen betrug die Schlagweite bei F_2 (Fig. 2) 1 cm und darüber.

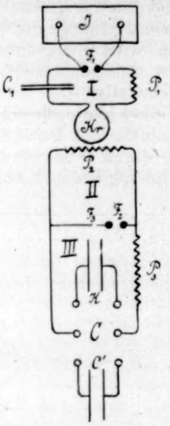


Fig. 2.

Es sind also hier zwei ihrer Natur nach verschiedene Effekte voneinander zu trennen: ein unmittelbarer Einfluß des Feldes und ein mittelbarer durch Konvektions- und Erwärmungsvorgänge. Der unmittelbare entspricht freilich nicht dem erwarteten, da ja die Streifen bei einem Einfluß des Feldes auf die Fortpflanzung der Lichtschwingungen völlig verschwinden sollten. Hierüber unter 3.

2. Nicol N mit Hauptschnitt horizontal gestellt, also Lichtschwingungen parallel zu den Kraftlinien. Da der Einfallswinkel der Strahlen an den Jaminschen Platten dem Polarisationswinkel nahe liegt, so ist jetzt das Gesichtsfeld dunkler als beim vorhergehenden Versuch. Die Streifen sind aber trotzdem bei Benutzung eines großen Nicols gut zu sehen. Wird das Feld erregt, so zeigt sich dasselbe wie beim ersten Versuche. Die Streifen verblassen sofort, ohne zunächst ihre Lage und Form zu ändern; erst nach einiger Zeit verzerren sie sich in unregelmäßiger Weise und fangen an zu wandern. Steigert man die Spannung, so erreicht man völliges Verschwinden der Streifen in dem Momente, wo das Feld einsetzt. Anscheinend ist bei der jetzigen Stellung des Nicols das Verblassen der Streifen bei einer bestimmten Feldstärke beträchtlicher als bei der früheren Stellung des Nicols, die Wirkung des Feldes also scheinbar größer; doch läßt sich wegen der ungleichen Helligkeit des Gesichtsfeldes im jetzigen und im früheren Falle ein sicherer Ver-

gleich nicht anstellen. Verdunkelt man bei dem früheren Versuche das Gesichtsfeld künstlich durch ein berußtes Glas, so erscheint auch dort die Feldwirkung stärker.

3. Der von vornherein erwartete Effekt, völliges Verschwinden der Streifen, trat also nicht der Erwartung entsprechend ein. Herr Dr. Mandelstam machte mich darauf aufmerksam, daß dies von dem Nachleuchten des Funkens herrühren könne. Nimmt man an, daß der Funke noch verhältnismäßig hell leuchtet, während das Feld bereits so schwach geworden ist, daß nur noch ein minimales Oszillieren der Streifen stattfindet, so hat man an dem einzelnen Entladungsvorgange zwei Stadien zu unterscheiden. Im ersten ist die Amplitude des Feldes und damit die der Streifenoszillationen groß, der Funke hell; im zweiten sind die Feldamplitude und die Streifenverschiebungen klein, der Funke aber immer noch hell. Das erste Stadium liefert dem Auge den Eindruck gleichförmiger Helligkeit des Gesichtsfeldes; das zweite den Eindruck des nur wenig verwaschenen, kaum verschobenen Streifenbildes. Die Superposition beider Eindrücke gibt das fast unveränderte Streifenbild, überlagert von gleichförmiger Helligkeit, also das Streifenbild wie durch einen weißen Nebel hindurch, verblaßt, gesehen.

4. Ist diese Überlegung richtig, so muß der physiologische Gesamteindruck mehr und mehr durch das erste Stadium, in dem die Streifen verschwunden sind, bedingt werden, das Verblassen der Streifen also zunehmen, wenn man die Dauer des Beleuchtungsfunkens abkürzt. Um dies zu erreichen, hat Herr Dr. Mandelstam die folgende Anordnung vorgeschlagen (siehe Fig. 2a).

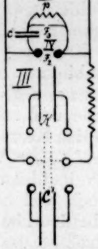


Fig. 2a.

Sie unterscheidet sich von der bisherigen nur dadurch, daß die kleine Beleuchtungsfunkenstrecke F_3 in einen besonderen Schwingungskreis IV gelegt wird. Dieser ist mit dem Kreis des Kerrschen Kondensators durch die Funkenstrecke F_2 gekoppelt und enthält außer F_3 eine sehr kleine Kapazität c (Glasplatte mit Stanniolbelegungen, ca. 100 cm Kapazität). Zur Funkenstrecke F_3 ist parallel gelegt eine kleine Selbstinduktion p (35 Windungen eines 1,5 mm dicken Drahtes von 4 cm Durchmesser). Die Schwingungsdauer des Kreises IV ergab sich zu $5 \cdot 10^{-8}$ sec. Der Kerrsche Kondensator und die kleine Kapazität c werden gleichzeitig geladen. Die Selbstinduktion p wird so gewählt, daß der Ladungsstrom nach c durch sie hindurch geht und nicht die Funkenstrecke F_3 durchbricht. Ist die Spannung am Kerrschen Kondensator und bei c soweit gestiegen, daß bei F_2 ein Funke überschlägt, so setzt mit der Schwingung des Kreises III auch die des Kreises IV ein. Die Schwingungen des Kreises IV aber gehen wegen ihrer kleinen Periode und daher hohen Induktanz von p nicht durch p, sondern durch F_3. Der Funke F_3 setzt also in dem Momente ein, wo die Spannung zwischen den Platten des Kerrschen Kondensators im Maximum ist, und die durch den Funken hindurchgehenden Schwingungen werden wegen der verschwindenden Selbstinduktion des Kreises IV in sehr viel kürzerer Zeit abgelaufen sein, als die des Kreises III von bedeutend größerer Selbstinduktion und nicht wesentlich verschiedenem Widerstande.

Wurde nun mit dieser Anordnung und mit der früheren zum Vergleich unmittelbar hintereinander beobachtet, während die Schlagweite bei F_2, also das Feld zwischen den Platten des Kerrschen Kondensators unverändert blieb[1]), so zeigte sich tatsächlich bei der neuen Anordnung ein weit stärkeres Verblassen der Streifen.

5. Hierauf wurde die Schwingungsdauer des Kreises III noch dadurch vergrößert, daß zu dem Kerrschen resp. dem Kondensator C' eine Kapazität von 750 cm parallel geschaltet wurde, wie es die punktierten Linien in Fig. 2a veranschaulichen.

Das nun Beobachtete entspricht vollkommen dem, was sich aus einer Weiterverfolgung des bisherigen Gedankenganges ergibt. Bei fortdauernder Vergrößerung der Periode des Kreises III (oder Verkleinerung der von IV) muß nach und nach die Verwaschenheit der Streifen wieder abnehmen, indem der Funke F_3 bei relativ immer kürzer werdender Dauer mehr und mehr eine bestimmte Phase der Schwingungen zwischen den Kerrplatten und damit eine bestimmte Lage der Interferenzstreifen beleuchtet. Wird schließlich die Dauer des Funkens sehr klein gegen die Schwingungsdauer von III, so müssen die Streifen völlig scharf

1) Genau genommen ist die Spannung bei der neuen Anordnung sogar kleiner um den allerdings verschwindenden Betrag, der der winzigen Funkenstrecke F_3 entspricht.

und ruhend erscheinen und zwar voraussichtlich in der Lage, die sie bei maximaler Feldstärke zwischen den Kerrplatten einnehmen. Die Schwingungsdauer des Kreises III beträgt jetzt $60 \cdot 10^{-8}$ sec gegenüber der von $5 \cdot 10^{-8}$ sec des Kreises IV. Der Versuch ergibt folgendes.

6. Nicol *N* mit Hauptschnitt vertikal gestellt, Lichtschwingungen senkrecht zu den Kraftlinien. Beim Einsetzen des Feldes springen die Streifen nach oben. Dabei erscheinen sie unverzerrt, aber ähnlich wie früher verblaßt. Letzteres erklärt sich wohl so. In der größten Ablenkung der Streifen aus ihrer Normallage (die sie ohne Feld einnehmen) ist die Geschwindigkeit ihrer Verschiebung Null. Der Funke beleuchtet aber nicht nur diesen einzigen Moment der Ruhe, sondern auch die darauf folgenden Momente der Bewegung, und so lagert sich wie bei den früheren Versuchen über das Bild der ruhenden Streifen die gleichförmige Helligkeit des bewegten Streifensystems.

7. Nicol mit Hauptschnitt horizontal, Lichtschwingungen parallel zu den Kraftlinien. Beim Einsetzen des Feldes springen die Streifen nach unten. Ihr Aussehen ist dabei wesentlich dasselbe wie beim vorhergehenden Versuche; nur erscheinen sie wegen der geringeren Helligkeit des Gesichtsfeldes etwas blasser.

Durch Einschieben eines dünnen Glimmerblättchens in den Weg des einen der beiden interferierenden Strahlenbündel, also durch Verzögerung desselben, wurde konstatiert, daß dieser Verzögerung eine Verschiebung der Streifen nach abwärts entspricht.

In Nitrobenzol erfährt also Licht, welches senkrecht zu den Kraftlinien polarisiert ist, unter dem Einfluß eines elektrischen Feldes eine Verzögerung, und Licht, welches parallel zu den Kraftlinien polarisiert ist, eine Beschleunigung.

Im Anschluß an Kerr wurde nun folgendes versucht. In das Fernrohr wurde unmittelbar hinter dem Objektiv ein Kalkspatkristall mit Blende so eingelegt, daß zwei Streifensysteme nebeneinander entstanden, das eine parallel zu den Kerrschen Kondensatorplatten, das andere senkrecht dazu polarisiert. Beim Erregen des Feldes sieht man das erstere nach oben, das letztere nach unten springen.

8. Es wurde sodann eine Messung des Größenverhältnisses des Sprunges nach oben und unten versucht, aber mit geringem Erfolge. Denn wegen Verblassens der Streifenfarben ist die als Marke dienende achromatische Linie nicht mehr sicher zu unterscheiden.[1]) Ferner scheint die Sprungweite nicht konstant zu sein, wohl infolge unregelmäßigen Einsetzens des Beleuchtungsfunkens. Als sicher läßt sich nur so viel angeben, daß die Verzögerung des senkrecht zu den Kraftlinien polarisierten Lichtes größer ist als die Beschleunigung des parallel zu den Kraftlinien polarisierten. Das Größenverhältnis scheint 2 : 1 zu sein. Die größte beobachtete Sprungweite betrug an die 10 Streifenbreiten (diese gerechnet von einer Spektralfarbe bis zur selben im nächsten Spektrum).

Somit ist der Forderung der Theorie insofern Genüge getan, als tatsächlich sowohl Lichtschwingungen parallel wie auch senkrecht zu den Kraftlinien durch ein elektrisches Feld beeinflußt werden. Dafür aber ist eine neue Kluft zwischen Theorie und Beobachtung entstanden, indem die Theorie für die beiden Polarisationszustände eine Beeinflussung im gleichen Sinne fordert, was durch die Beobachtung nicht bestätigt wird.

Versuche mit anderen Flüssigkeiten.

1. Das größte, gewissermaßen historische Interesse bot zunächst die Untersuchung von Schwefelkohlenstoff. Die Versuchsanordnung war genau die gleiche wie bei den Versuchen mit Nitrobenzol. Sie vermochte aber kein so starkes Feld zu liefern, daß auch nur irgendein Springen der Streifen, selbst von der Art, wie Kerr es beobachtete, zu bemerken war. Die Streifen blieben beim einen wie beim andern Polarisationszustande völlig ruhig, während die Potentialdifferenz zwischen den Platten des Kerrschen Kondensators bis zu ca. 30000 Volt betrug. Eine Fortsetzung der Versuche lohnt sich hier erst bei Anwendung eines elektrischen Apparates von größerem Maßstabe und eines längeren Kerrschen Kondensators.

Wohl aber zeigte sich ein großer Vorteil der induktiven Felderregung gegenüber den sonst gebräuchlichen Methoden. Es war auch bei minutenlanger Erregung des Feldes keine Spur von Schlierenbildung oder sonstiger Störung der Interferenzstreifen wahrzunehmen; diese blieben gerade und scharf, während bei direktem Anschluß des Kerrschen Kondensators an das Induktorium sofort Verzerrungen, Verschiebungen und Undeutlichwerden der Streifen auftrat, was in noch viel höherem Grade der Fall war, als die beiden Platten mit den Polen einer Elektrisiermaschine verbunden wurden.

2. Als dritte Flüssigkeit wurde Orthonitrotoluol untersucht, das wegen seiner chemischen Verwandtschaft mit Nitrobenzol ein ähnliches Verhalten wie dieses erwarten ließ, merkwürdigerweise aber bisher meines Wissens nach

1) Um farbenreichere Spektra zu erhalten, wurde ein Versuch mit Funken zwischen Kadmiumspitzen gemacht; es zeigte sich aber gerade das Gegenteil des Erhofften, indem die schön farbigen Streifen bei Einsetzen des Feldes blasser wurden als bei Benutzung der Zinkspitzen. Es scheint also der *Cd*-Funke länger nachzuleuchten als der *Zn*-Funke. Somit wäre eine Methode gegeben, um über das Nachleuchten verschiedener Funkenarten etwas zu erfahren.

nicht untersucht worden ist. Das zu dem Versuch benutzte Nitrotoluol, das Herr Privatdozent Dr. Kohlschütter mir freundlichst zur Verfügung stellte, war nicht so klar wie das Nitrobenzol, gab aber gute Interferenzstreifen. Es zeigte sich nun tatsächlich ein ganz analoges Verhalten wie bei Nitrobenzol.

War das Licht senkrecht zu den Kraftlinien polarisiert, so sprangen die Streifen bei Erregung des elektrischen Feldes nach unten; war das Licht dagegen parallel zu den Kraftlinien polarisiert, so sprangen sie nach oben. Es wird also auch hier senkrecht zu den Kraftlinien polarisiertes Licht verzögert und parallel zu den Kraftlinien polarisiertes beschleunigt. Das Größenverhältnis der beiden Sprünge war hier noch weniger genau festzustellen als bei Nitrobenzol, da der Sprung nach oben merkwürdige Unregelmäßigkeiten zeigte, indem er bald größer bald kleiner zu sein schien. Der Sprung nach unten war etwa ebenso groß wie bei Nitrobenzol im gleichen Felde, und stets größer als bei der nach oben.

Die Untersuchung weiterer Flüssigkeiten soll die Aufgabe künftiger Versuche sein.

Zusammenfassung.

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes in Nitrobenzol und Orthonitrotoluol wird durch ein elektrisches Feld verändert, sowohl wenn das Licht senkrecht, wie wenn es parallel zu den Kraftlinien polarisiert ist.

Die Art der Veränderung ist eine andere, als sie von der Theorie gefordert wird. Das senkrecht zu den Kraftlinien polarisierte Licht wird verzögert, das parallel zu den Kraftlinien polarisierte beschleunigt.

Das Größenverhältnis zwischen der Verzögerung und Beschleunigung ist bei Nitrobenzol angenähert 2 : 1; bei Nitrotoluol nicht genauer ermittelt. Es ist also ein anderes, als es bei Schwefelkohlenstoff nach den Angaben von Kerr zu sein scheint.

Durch die Versuche wurde die praktische Brauchbarkeit zweier neuer, von Dr. L. Mandelstam angegebener Hilfsmittel der elektrooptischen Untersuchung erprobt. Es sind dies

1. die induktive Ladung des Kerrschen Kondensators.

Diese ermöglicht, auch in leitenden Flüssigkeiten starke Effekte hervorzubringen. Sie hat weiter den Vorteil, daß in isolierenden Flüssigkeiten keine Schlieren entstehen;

2. die Sichtbarmachung des elektrooptischen Effektes in einer bestimmten Phase des Feldes durch Beleuchtung mit einem kurz dauernden Funken.

Zum Schluß möchte ich Herrn Professor Dr. Braun für die gütige Gewährung der Institutshilfsmittel zu vorstehender Arbeit, sowie Herrn Assistenten Dr. L. Mandelstam für seine Anregung und seine vielfachen Ratschläge meinen herzlichsten Dank aussprechen.

Straßburg i. Els., Physikalisches Institut der Universität.

(Eingegangen 22. Juli 1906.)

Vielfach-Telephonie mittels des Telegraphons.

Bemerkung zu einer Arbeit des Herrn J. W. Giltay.

Von Ernst Ruhmer.

Herr Giltay kommt auf S. 185—186 dieses Jahrganges dieser Zeitschrift auf meine Bemerkungen (6, 744, 1905) bezüglich seiner Arbeit über Vielfach-Telephonie mittels des Telegraphons (6, 572, 1905) zurück. Meine Ausführungen bezogen sich auf die dem zweiten Teil seiner Notiz (6, 574, 1. Spalte Mitte) zugrunde gelegten Auffassung einer Längsmagnetisierung (d. i. eine in der Bewegungsrichtung des Stahlbandes erfolgende).

Herr Giltay hat dort selbst zugegeben, daß es „ohne weiteres klar sei, daß man auf diese Weise eine genaue Kopie der Magnetinskription auf dem Stahlband der Empfangsstation erhalten wird". (1. Spalte, Zeile 10 von unten.)

Er hat nur seine Bedenken über die Möglichkeit der Trennung der beiden Gespräche auf der Empfangsstation geäußert. (1. Spalte, Zeilen 5—1 von unten.) Hierauf bezogen sich im wesentlichen die Ausführungen meiner Erwiderung (6, 744, 1905).

Jetzt greift Herr Giltay auf den im Anfang seiner ersten Arbeit (6, 572, 1905) behandelten Fall einer Quermagnetisierung (d. i. eine senkrecht zur Bewegungsrichtung des Stahlbandes erfolgende) zurück und bittet um den Nachweis, wie man von dem Stahlbande der Sendestation über eine Telegraphenleitung eine Kopie auf dem Stahlband der Empfangsstation erzielen könne.

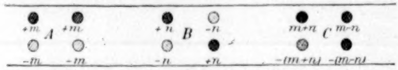
Zunächst habe ich schon in meiner vorigen Bemerkung (6, 744, 1905, Spalte 1 Mitte) darauf hingewiesen, daß Pedersen nicht zwei Hufeisenelektromagneten, sondern zwei Paar an jeder Station anwendet (vgl. Fig. 3 meiner Veröffentlichung im Jahrgang 2 dieser Zeitschrift 28, 1900), von denen das erste Paar

+	+
—	—
1. Hufeisenelektromagnet	2. Hufeisenelektromagnet,

das zweite Paar

+	−
−	+
3. Hufeisen-elektromagnet	4. Hufeisen-elektromagnet

geschaltet ist. Die Magnetinskriptionen werden dementsprechend durch beifolgende Skizze dargestellt.



Es befinden sich also stets zwei ungleichnamige Pole auf einer senkrecht zur Bewegungsrichtung liegenden Graden.

Figur 1 der Giltayschen Arbeit (**6**, 573, 1905) entspricht demnach der Pedersenschen Anordnung gar nicht, sie ist auch an und für sich unrichtig, da Herr Giltay dort eine durch einen *NN*-Magneten erzeugte gleichpolige $(+n, +n)$ Magnetisierung zugrunde legt, die bei der telegraphonischen Quermagnetisierung überhaupt unmöglich ist.

Aus diesem Grunde läßt sich auch die Pedersensche Anordnung der Duplextelephonie nicht in der auf S. 186 von Herrn Giltay angegebenen Weise vereinfachen. — Dagegen lassen sich die in obiger Figur dargestellten Magnetinskriptionen der Pedersenschen Anordnung gleichzeitig mittels eines einfachen Hufeisenelektromagneten über die Fernleitung nach der Empfangsstation übertragen (an der Empfangsstation kommt hierfür ebenfalls ein einfacher Hufeisenelektromagnet zur Anwendung), und mittels 2 Paar Hufeisenelektromagneten, die denen der Sendestation entsprechend geschaltet sind, wieder trennen.

Ich glaube, daß hiermit alle Mißverständnisse behoben sind und das Prinzip des genialen Pedersenschen Verfahrens klargestellt ist.

(Eingegangen 5. Juli 1906.)

Die Schwingung des Resonanzkastens.

Von T. Terada.

Die Übertragung der Schwingungen einer Stimmgabel an die umgebende Luft erfolgt bekanntlich in der Hauptsache mit Hilfe des mit der Stimmgabel verbundenen Resonanzkastens. Wenngleich ein Teil der Schwingung direkt durch die Wände des Kastens übertragen wird, so beruht doch die Übertragung zum weitaus größeren Teile auf der Resonanz der Luftsäule in dem Kasten. Es scheinen indessen über die Art und Weise, wie die Luft in dem Kasten durch die Stimmgabel und durch die Kastenwände erregt wird, bisher noch wenige Untersuchungsergebnisse experimenteller oder mathematischer Art veröffentlicht worden zu sein.[1]) Angesichts eines so ernstlichen Mangels an Untersuchungen über den Gegenstand dürfte die im folgenden mitgeteilte Tatsache, welche Verfasser beobachtet und weiter untersucht hat, von einigem Interesse sein.

Die Stimmgabel, deren ich mich bei meinen Versuchen bediente, war als C_3 bezeichnet und auf einem Resonanzkasten aus Kiefernholz montiert. Sie wurde mit ihrem Resonanzkasten auf den Tisch gestellt. Nun wird die Schwingung der Gabel durch einen zwischen ihre Zinken gebrachten Wattebausch gehemmt. Eine andere Stimmgabel von derselben Tonhöhe wird erregt und mit dem Ende ihres Stiles unter leichtem Druck an einem Punkt auf die obere Decke des Resonanzkastens gestellt. Bei Veränderung dieses Berührungspunktes beobachtet man dann, daß in einigen Punkten die Resonanz sehr stark ist, während sie in anderen nur schwach ist. Man findet, daß die Punkte, in denen die Resonanz am geringsten ist, auf einem die Stimmgabel umschließenden länglichen Oval angeordnet sind. Dieses Oval ist mit Bezug auf die Stimmgabel exzentrisch, und zwar liegt seine längere Seite dem offenen Ende des Resonanzkastens zugekehrt. Man erhält ähnliche Ovale, wenn man die Decke des Resonanzkastens mit Stimmgabeln von verschiedener Tonhöhe abtastet; nur sind diese Ovale enger, wenn die Tonhöhe der Stimmgabeln größer, und weiter, wenn sie geringer ist. Eine ähnliche Kurve erhält man gleichfalls, wenn man die an dem Resonanzkasten befestigte Stimmgabel durch eine schwerere oder leichtere ersetzt; und zwar wird bei einer schwereren Stimmgabel das Oval enger und bei einer leichteren weiter.

Die gleiche Beobachtung wurde an anderen Resonanzkasten mit den Tonhöhen G_3 und A_3 gemacht.

Es entsteht naturgemäß die Frage nach der Bedeutung dieses Ovales: Ist es eine Bauch- oder Knotenlinie des schwingenden Resonanzkastens? oder etwas anderes? Wenn eine

1) R. Moon, Phil. Mag. (4) **43**.

Schwingung harmonischer Art durch eine gegebene periodische Verschiebung von gegebener Amplitude mechanisch erregt wird, so wird im allgemeinen die Amplitude der erzwungenen Schwingung dann am größten sein, wenn der Erregungspunkt nahezu mit dem Knoten des erregten Systems zusammenfällt, wie dies durch den wohlbekannten Versuch von Melde gezeigt wird. Andererseits findet man durch einen ähnlichen Versuch, daß die Chladnischen Platten am stärksten resonieren, wenn man mit dem Stil einer Stimmgabel einen Punkt der Knotenlinie berührt, welche der Eigenschwingung von der Tonhöhe der erregenden Stimmgabel entspricht. Wenn wir nun bei dem Resonanzkasten das Oval als Bauch auffassen wollen, so muß der Punkt, an dem die Stimmgabel befestigt ist, ein Knotenpunkt sein. Das kann man sich nur schwer vorstellen. Um diese Frage zu lösen, schritt ich zu folgendem Versuch: Ich entfernte den Wattebausch und erregte die an dem Resonanzkasten befestigte Stimmgabel. Dann drückte ich mit einem Ende eines schweren Eisenstabes an verschiedenen Stellen auf den Resonanzkasten. Drückte ich auf das Oval, so wurde die Stärke der Resonanz nicht merklich verändert; wenn ich hingegen auf einen Punkt nahe der Mitte des Ovales drückte, so wurde die Resonanz merklich gedämpft. Dieselbe Beobachtung machte ich, wenn ich auf den mittleren Teil der gegenüberliegenden Wandung des Resonanzkastens drückte. Daraus geht hervor, daß diese Teile der Decke und des Bodens mit der größten Amplitude schwingen. Diese Tatsache läßt sich durch einen anderen Versuch bestätigen: Man verstopft auf irgendeine Weise die Mündung des Resonanzkastens und tastet mit dem Schalltrichter eines Stethoskops die verschiedenen Teile der Wandungen des Resonanzkastens ab. Man findet dann, daß man an den oben erwähnten Stellen den Ton am lautesten hört. Es ist sonach klar, daß der mittlere Teil des Ovales der Bauch ist. Die Erwägung, daß die Amplitude der erzwungenen Schwingung bei Erregung in der Nähe des Knotens am größten wird, enthält die Voraussetzung des Vorhandenseins dieser Schwingungsart. Wenn die Schwingung einfacher Art ist, so muß irgendeine im Knoten angreifende störende Kraft das Zustandekommen dieser Schwingungsart verhindern. In dem Falle des hölzernen Resonanzkastens, der durch den Stiel einer gewöhnlichen Stimmgabel erregt wird, gibt die weiche Kiefernholzplatte unter dem Stimmgabelstiel nach, so daß die Stimmgabel nur eine periodische Kraft, nicht aber eine bestimmte Verschiebung zu erteilen vermag. Wenn wir die Decke des Resonanzkastens durch eine Metallplatte ersetzen und diese dann mit dem Stiel einer Stimmgabel berühren, so zeigen sich uns die Knotenlinien gerade wie bei den Chladnischen Platten; das heißt, die Resonanz ist am stärksten in einem System von Kurven, die den Knotenlinien einer ähnlichen rechteckigen Platte nahezu gleich sind.

Man kann das gleiche Oval erhalten, wenn man die Oberdecke sanft mit einem leichten hölzernen Hammer abklopft, dessen Kopf mit Kautschuk überzogen ist. An dem Oval kann man den Grundton nicht hören.

Die Art, wie sich die Abmessungen des Ovales bei verschiedenen Erregern und Belastungen ändern, ließe sich voraussehen, wenn man das Oval als die Knotenlinie des Systems betrachtet. Unter dieser Voraussetzung muß ein Resonanzkasten aus härterem Holz als Kiefer ein größeres Oval liefern. Dies fand sich bestätigt, als ein Resonanzkasten von den gleichen Abmessungen wie der kieferne aus Magnolienholz hergestellt wurde.

Wenn die befestigte Stimmgabel entfernt, oder die Befestigung gelöst wird, so kann man das Oval nicht erhalten.

Führt man, während die Stimmgabel schwingt, den Schalltrichter eines Stethoskops über die Decke hin, so kann man ein Sinken des Tones auf dem Oval bemerken. Das Resultat ist aber nicht sehr überzeugend wegen des störenden Einflusses der Seitenwände und besonders des offenen Endes.

Aus den oben mitgeteilten Versuchen kann man schließen:

1. daß die Schwingungsamplitude der hölzernen Wandungen eines Resonanzkastens im mittleren Teile der Decke und des Bodens am größten ist;

2. daß das Oval der Knotenlinie der — durch die auf ihr befestigte Stimmgabel belasteten und von dieser erregten — Decke entspricht.

Ob die Schwingungsphasen der Bäuche in der Decke und im Boden einander entgegengesetzt sind oder nicht, ist eine Frage, die noch der Prüfung bedarf. Jedenfalls scheint es, daß eine derartige Schwingung eine periodische Druckschwankung im Innern des Resonanzkastens hervorruft und die Luftsäule zur Resonanz erregt.

Ähnliche Versuche sind an einer Geige angestellt worden.[1]) Dabei konnten keine Knotenlinien gefunden werden. Die Resonanz ist bei verschiedenen Stimmgabeln stets am stärksten in der Nähe des Steges und diesem gegenüber. In der Nähe der *f*-Löcher ist sie sehr schwach. In der Nähe der vorspringenden

1) W. B. Coventry, Nature **46**, 150.

Zargenecken werden die höheren Obertöne vorherrschend.

Tôkyô, Physikalisches Laboratorium.

(Aus dem Englischen übersetzt von Max Iklé.)

(Eingegangen 6. Juli 1906.)

Zum Foucaultschen Pendel.

Von M. Koppe.

1. Trotz aller Entgegnungen behauptet Herr Denizot[1]), die sog. Drehung der Schwingungsebene rühre nicht von der Coriolisschen Kraft, d. h. den Gliedern mit der ersten Potenz von ω her, sondern von gewissen Gliedern mit ω^2, die man bisher in den Differential-Gleichungen unterdrückte, weil man es für ausreichend hielt, die scheinbare Schwere für das Versuchsfeld als konstant nach Größe und Richtung anzusehen. Diese Glieder sind nämlich Bestandteile der zur scheinbaren Schwere beitragenden Zentrifugalkraft.

Die Coriolissche Kraft soll auf die Pendelebene bei dem Hingang nach rechts, bei dem Hergang nach links wirken, daher nur Störungen hervorbringen, die sich nicht zu endlichen Größen summieren. Offenbar ist hier an eine prästabilierte materielle Ebene gedacht, in der das Pendel verharren muß wie ein Seiltänzer auf dem Seil, eine solche ist aber nicht vorhanden, die Coriolissche Kraft wirkt auf den Pendelkörper und modifiziert seine Bahn, die gedachte Schwingungsebene hat nur intermittierende Existenz in den Augenblicken größter Ausweichung des Pendels, sie ist dann die durch die Ruhelage und den Pendelfaden gelegte Ebene. Die von Tesař[2]) ursprünglich gezeichnete Figur, die er später leider als übertrieben preisgab, erklärt den Sachverhalt zutreffend.

Sollte es Herrn D. wirklich gelungen sein, durch Rechnung aus den Gliedern mit ω^2 eine Drehung der Pendelebene mit der Winkelgeschwindigkeit $(-\omega)$, d. h. entgegen der Erdrotation, abzuleiten, so ist von vornherein klar, daß man seinen Spuren folgend auch eine Drehung mit $(+\omega)$ muß ableiten können. Denn die Wurzel aus dem maßgebenden Gliede (ω^2) hat auch diesen Wert.

Statt einer derartigen Rechnung finden wir allgemeine Schlüsse. Es ist sicher, daß für einen Beobachter am Nordpol der Himmel die Drehung $(-\omega)$ zeigt. Könnte ein dicht über dem Nordpol schwebender Körper zunächst mit dem Himmelsgewölbe starr verbunden sein und später plötzlich losgelöst werden, so würde auch dieser Fremdkörper anfangs für den irdischen Beobachter die Eigenrotation $(-\omega)$ haben, aber die Atmosphäre würde schleunigst als Bremsband wirken, und der Körper, einmal akklimatisiert, hätte keine relative Rotation. Jeder irdische Körper, mag er auf der Erde liegen, im Wasser schwimmen oder an einem Faden hängen, hat seit jeher Anteil an der Erdrotation. Herr D. nimmt dagegen in jedem freien Körper eine Erinnerung an den absoluten Raum als lebendig an. Schon früher schlug man in diesem Sinne vor, durch aufgestreuten Lykopodiumsamen eine relative Bewegung des Wassers in einem runden Behälter nachzuweisen.

Zerlegt man die Bewegung von Berlin in eine Translation eines bestimmten Punktes längs des Parallelkreises und in eine Rotation um eine dort entspringende Parallele zur Weltachse, so lassen sich die Glieder mit ω^2 deuten als die zu letzterer gehörige Zentrifugalkraft. So soll begründet werden, daß diese Glieder in einem fallenden Steine eine relative Rotation entgegen der Erddrehung veranlassen. Aus dieser entstehe einerseits die umstrittene südliche Abweichung. — Fällt denn ein rotierender Körper in einer besonderen Bahn? — Andererseits soll die so gefundene Rotation des Pendelkörpers eins sein mit der Rotation der Schwingungsebene. — Man lasse eine Kugel an einem Faden pendeln, den man vom Aufhängepunkt her stark tordiert, die Kugel wird sich rasch drehen, die Schwingungsebene nicht in gleicher Weise!

Nach D. soll das Foucault-Pendel, das durch Abbrennen eines Fadens in Gang gesetzt wird, in den Umkehrpunkten in absoluter Ruhe sein und soll durch die Vertikale gehen. Endlich soll die Erklärung mittels der Coriolisschen Kraft an dem „leicht zu beweisenden" Satze scheitern, daß am Nordpol ein auf einer horizontalen glatten Ebene gleitender Körper in 12^h einen Kreis beschreibe. Dieser Satz ist falsch, obwohl ein richtiger ähnlich lautet.

Im folgenden betrachte ich kleine Schwingungen des Foucault-Pendels und nehme Rücksicht auf die Glieder mit (ω^2), halte dann aber für nötig, auch die 578 mal größeren Glieder beizubehalten, in denen sich die Variation der Erdattraktion ausspricht. Für den Nordpol ist eine doppelte Behandlung möglich, entweder vom absoluten Raum auszugehen oder sofort die relative Bewegung zu behandeln.

2. Das Pendel am Nordpol absolut. Die Z-Achse gehe vom Aufhängepunkt vertikal aufwärts, die Pendellänge sei $= l$, der Erdradius $= a$, die Spannung des Fadens $= N$, die Schwere im Punkt $O = g$. Ist das Pendel anfangs nach (p, o, z_0) zur Seite gezogen, so ist seine Anfangsgeschwindigkeit $= p\,\omega$. Man hat

1) Diese Zeitschr. **6**, 342, 1905; **6**, 677, 1905.
2) Diese Zeitschr. **6**, 558, 1905; **7**, 199, 1906.

$$x'' = \quad -\frac{g}{a}x - \frac{N}{l}x$$

$$y'' = \quad -\frac{g}{a}y - \frac{N}{l}y$$

$$z'' = -g + \frac{2g}{a}z - \frac{N}{l}z.$$

Aus $x^2+y^2+z^2=l^2$ folgt $xx''+yy''+zz''=-(x'^2+y'^2+z'^2)$. Setzt man hier die Werte von x'', y'', z'' ein und eliminiert die lebendige Kraft, so wird

$$N \cdot l = -gz - \frac{g}{a}(l^2-3z^2) + \frac{3g}{a}(z^2-z_0^2) - \\ -g(z-z_0) + \omega^2 p^2.$$

Sind x, y Glieder erster Ordnung, so unterscheidet sich z von $(-l)$ nur um Glieder zweiter Ordnung. Daher wird bei Weglassung von Gliedern zweiter Ordnung

$$N = g + \frac{2g}{a}l = \gamma,$$

wo γ der Wert der Schwere in der Ruhelage $(c, o, -l)$ ist. Man findet dieses Resultat auch aus der dritten Differentialgleichung allein. Dann folgt aus den beiden ersten und den Anfangsbedingungen für die Projektion auf die XY-Ebene:

$$x = p\cos nt, \quad y = \frac{p\omega}{n}\sin nt,$$

$$n = \sqrt{\frac{\gamma}{l} + \frac{\gamma}{a}}.$$

Die absolute Pendelbahn ist also eine schmale Ellipse, die man als Projektion eines Kreises darstellen kann, der gegen die Vertikale um $\varepsilon = \frac{\omega}{n}$ geneigt ist, und auf dem ein Hilfspunkt mit der Winkel-Geschwindigkeit n läuft. Erteilt man jetzt der Bahn des Hilfspunktes noch eine Rotation $(-\omega)$ um die Z-Achse, so beschreibt er eine sphärische Raumkurve, deren Projektion die wirkliche Pendelbahn ist. Die Raumkurve schneidet den Äquator der Sphäre senkrecht, die Pendelbahn hat daher das Aussehen der Fig. 1, der tiefste Punkt bleibt um $p\frac{\omega}{n}$ von der Ruhelage entfernt.

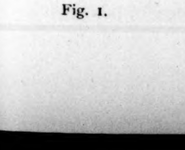


Fig. 1.

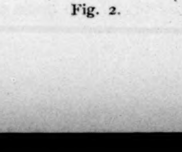


Fig. 2.

Durch geringe, vielleicht zufällige Einwirkungen kann der Pendelkugel ihre absolute Anfangsgeschwindigkeit genommen werden. Das Pendel geht dann scharf durch die Mitte und beschreibt im absoluten Raum eine gerade Linie, als ob es die Projektion eines Hilfspunktes wäre, der einen vertikalen Kreis mit der Winkelgeschwindigkeit n beschreibt. Erteilt man letzterem wieder die Drehung $(-\omega)$ um OZ, so beschreibt der Hilfspunkt eine sphärische Raumkurve, die durch Nord- und Südpol geht und den Äquator schief trifft. Sie projiziert sich zu einer Schleifenkurve wie Fig. 2. Halbiert die X-Achse eine der Schleifen, so erfolgt die Bewegung dort nach den Gleichungen:

$$x = p\cos nt\cos\omega t, \; y = p\cos nt\sin\omega t$$

oder angenähert: $y = p\,\omega t\cos nt$. Die Breite der Schleife ergibt sich gleich $1{,}12\cdot\frac{p\omega}{n}$. Die Raumkurven können leicht durch Aufwickeln eines Fadens auf ein kugelförmiges Knäuel hergestellt werden. Das Pendel in Wien, dessen Länge Tesař leider nicht angibt, ist vielleicht durch kleine Störungen zu einer solchen Bewegung veranlaßt worden, die Art der Aufhängung dürfte nicht wesentlich sein. Die angegebene Breite der Schleifen scheint dem obigen Betrage nicht zu entsprechen. Die Feststellung, das Pendel gehe genau durch die Mitte, gestattet keine große Genauigkeit.

Man kann die harmonische absolute Bewegung in einer wagerechten Ellipse auch als Bahn eines Punktes erzeugen, der einer Kreisscheibe angehört, die in einem Kreis von doppeltem Radius rollt, also momentan um den Berührungspunkt mit der Winkelgeschwindigkeit n rotiert. Unterwirft man dieses System noch der Drehung $(-\omega)$ um O, so resultiert die momentane Rotation $(n-\omega)$ um einen Punkt, der von O den konstanten Abstand $\alpha = p\frac{n}{n-\omega}$ hat, vom Zentrum der Scheibe aber den Abstand $\beta = p\left(\frac{1}{2} + \frac{\omega}{n-\omega}\right)$. Die Bahn wird dieselbe, als gehörte der Punkt einer Scheibe vom Radius β an, die in einem Kreise vom Radius α rollt. Die Figur 1 entsteht, wenn man den Punkt auf der Peripherie der rollenden Scheibe annimmt, dagegen Fig. 2, wenn der Punkt zu Anfang mit O zusammenfällt.

Wenn man sagt, der Mond laufe am Himmel jeden Monat durch eine Bahn, die sich in dieser Zeit längs der Ekliptik um $1\frac{1}{2}{}^0$ verschiebe, ohne ihre Neigung zu ändern, so ist dies eine anschauliche Darstellung des Vorgangs. Dagegen ist die Vorstellung einer schmalen, sich drehenden Ellipse durchaus ungeeignet, das Foucaultsche Pendel anschau-

lich zu machen. Die Gestalt der wirklichen Bahn Fig. 1 mit ihren Spitzen erinnert in nichts an eine elliptische Bewegung. Nur dann ist eine solche Auffassung anschaulich, wenn die Geschwindigkeit, mit der die Punkte der Bahn variieren, überall viel kleiner ist, als die, mit welcher sie durchlaufen wird.

3. Das Pendel am Nordpol relativ. Man erhält die relative Pendelbahn direkt aus der Anfangsgeschwindigkeit $(=0)$ und den Gleichungen

$$x'' = +2\omega y' - \frac{N}{l}x + x\left(\omega^2 - \frac{g}{a}\right)$$

$$y'' = -2\omega x' - \frac{N}{l}y + y\left(\omega^2 - \frac{g}{a}\right)$$

$$z'' = \quad -g \quad - \frac{N}{l}z + z\cdot\frac{2g}{a}.$$

Leitet man hieraus die lebendige Kraft und den Flächensatz für OZ ab, so kann man ähnlich wie oben N als Funktion von z darstellen. Man erhält genau den früheren Wert wieder, also ohne Größen 1. Ordnung wegzulassen,

$$N = g + 2\cdot\frac{g}{a}\cdot l = \gamma,$$

was auch aus der 3. Differentialgleichung folgt. Setzt man dies in die ersten beiden Gleichungen ein, in denen man $\frac{g}{a}$ durch $\frac{\gamma}{a}$ ersetzen darf, so lassen sie sich für $x + \iota y = u$ zusammenfassen in

$$u'' = -2i\omega u' - (n^2 - \omega^2)u,$$

wo

$$n = \sqrt{\frac{\gamma}{l} + \frac{\gamma}{a}}.$$

Der Ort des pendelnden Punktes ergibt sich als Superposition von $u_1 = ae^{-i(\omega+n)t+\iota\alpha}$ und $u_2 = be^{-i(\omega-n)t+\iota\beta}$, also aus zwei Kreisbewegungen von fast gleicher, aber entgegengesetzter Winkelgeschwindigkeit. Diese Bahn läßt sich leicht als Hypocykloide deuten. Man kann auch $u = e^{-\iota\omega t}v$ setzen, wo $v = ae^{-\iota nt+\iota\alpha} + be^{\iota nt+\iota\beta}$ eine harmonische Bewegung darstellt, die man mit der Rotation $(-\omega)$ kombinieren muß, um die Bewegung des Punktes u in der komplexen Ebene zu erhalten.

Läßt man l in ∞ übergehen, so ist der Pendelkörper gezwungen, in einer horizontalen Ebene zu bleiben. Er beschreibt nach dem Vorigen in der Zeit $2\pi\sqrt{\frac{a}{\gamma}} = 1^h 23^m$ eine Pendelellipse, deren Achsen sich in einem Tage einmal herumdrehen. Ist die Anfangsgeschwindigkeit $=0$, so hat die Bahn die Gestalt Fig. 1 mit 17 Spitzen auf dem Halbkreis.

Betrachtet man endlich einen Körper, der gezwungen ist, sich auf der glatten Erdoberfläche, der Niveaufläche, zu bewegen, so tritt deren Gleichung an Stelle von $x^2 + y^2 + z^2 = l^2$. Sie ist $V = 0$, wo

$$V = \frac{1}{2}x^2\left(\omega^2 - \frac{g}{a}\right) + \frac{1}{2}y^2\left(\omega^2 - \frac{g}{a}\right) - gz + z^2\cdot\frac{g}{a}.$$

Dann wird

$$x'' = +2\omega y' - \lambda\frac{\partial V}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial x}$$

$$y'' = -2\omega x' - \lambda\frac{\partial V}{\partial y} + \frac{\partial V}{\partial y}$$

$$z'' = \quad -\lambda\frac{\partial V}{\partial z} + \frac{\partial V}{\partial z}.$$

Da z von der zweiten Ordnung ist und $\frac{\partial V}{\partial z}$ mit $-g$ beginnt, so folgt aus der dritten Gleichung $\lambda = 1$, also aus den beiden ersten zur Bestimmung der Projektion auf die XY-Ebene,

$$x'' = 2\omega y' \qquad y'' = -2\omega x'$$

also für $x + \iota y = u$: $\quad u'' = -2\iota\omega u'$,

d. h. die oben betrachtete Gleichung, wenn man für n den Wert ω setzt. Ihre Lösung ist einerseits die Superposition von $u_1 = ae^{-2\iota\omega t+\iota\alpha}$ und $u_2 = be^{\iota\beta}$, also eine Kreisbewegung um einen beliebigen Punkt mit der Winkelgeschwindigkeit (2ω). Andererseits auch die harmonische Bewegung $v = ae^{-\iota\omega t+\iota\alpha} + be^{\iota\omega t+\iota\beta}$ kombiniert mit der Rotation $(-\omega)$. Hierdurch erklärt sich das Auftreten von (2ω). Geometrisch anschaulich ist nur die erste Art der Lösung. Die Darstellung als Hypocykloide erfordert einen unendlich kleinen Radius des rollenden Kreises, in dessen Ebene der beschreibende Punkt liegt.

4. Das Pendel in beliebiger Breite. Die Attraktion des Erdballs sei hervorgebracht durch eine im Mittelpunkt M konzentrierte Masse. Von einem Punkte O in Berlin gehen drei Achsen, X nach Süden, Y nach Osten, Z vertikal aufwärts, aus. Die Attraktion in O sei k, die scheinbare Schwere g, die geographische Breite $= \varphi$, die geozentrische $= \vartheta$, ihre Differenz $\varphi - \vartheta = \delta$, der Abstand $MO = a$. Ist für einen beliebigen Punkt P in Berlin der Abstand $MP = r$, der Abstand von der Erdachse $= \varrho$, so ist das Potential der scheinbaren Schwere:

$$V = \frac{ka^2}{r} + \frac{\omega^2}{2}\varrho^2.$$

Es ist

$$r^2 = (a\cos\vartheta + x\sin\varphi + z\cos\varphi)^2 + $$
$$+ (a\sin\vartheta - x\cos\varphi + z\sin\varphi)^2 + y^2$$
$$\varrho^2 = (a\cos\vartheta + x\sin\varphi + z\cos\varphi)^2 + y^2$$

oder auch

$$r^2 = a^2 + 2ax\sin\delta + 2az\cos\delta + x^2 + y^2 + z^2$$
$$\varrho^2 = a^2\cos\vartheta^2 + 2a\cos\vartheta\,(x\sin\varphi + z\cos\varphi) + $$
$$+ (x\sin\varphi + z\cos\varphi)^2 + y^2.$$

Entwickelt man V nach Potenzen von x, y, z bis zur 2. Dimension, so erhält die erste Potenz von x den Koeffizienten:

$$(a\omega^2 \cos\vartheta \sin\varphi - k\sin\delta).$$

Dieser muß = 0 sein, da die scheinbare Schwere die X-Komponente $\frac{\partial V}{\partial x} = 0$ hat. Dadurch ist δ bestimmt. Es ist etwa $\omega = 7\cdot 10^{-5}$, $\omega^2 = 5\cdot 10^{-9}$, $a = 6\cdot 10^6$ m, $a\omega^2 = 3\cdot 10^{-2}$, $\delta = 3\cdot 10^{-3}\cdot\cos\varphi^2$. Setzt man $\vartheta = \varphi + \delta$ und vernachlässigt solche Glieder, die viel kleiner als ω^2 sind, z. B. $\omega^2\delta$, so wird:

$$V = ka + \frac{\omega^2}{2}a^2\cos\varphi^2 +$$
$$+ z(-k\cos\delta + a\omega^2\cos\varphi^2) +$$
$$+ \frac{x^2}{2}\left(-\frac{k}{a} + \omega^2\sin\varphi^2\right) + \frac{y^2}{2}\left(-\frac{k}{a} + \omega^2\right) +$$
$$+ \frac{z^2}{2}\left(\frac{2k}{a} + \omega^2\cos\varphi^2\right) + 4xz\,\omega^2\sin\varphi\cos\varphi.$$

Aus dem Gliede mit z folgt, daß

$$g = k\cos\delta - a\omega^2\cos\varphi^2.$$

Dann werden die Gleichungen für das in O aufgehängte Pendel

$$x'' = 2\omega y'\sin\varphi - \frac{N}{l}x + \frac{\partial V}{\partial x}$$
$$y'' = -2\omega x'\sin\varphi - 2\omega z'\cos\varphi - \frac{N}{l}y + \frac{\partial V}{\partial y}$$
$$z'' = 2\omega y'\cos\varphi - \frac{N}{l}z + \frac{\partial V}{\partial z}.$$

Hier ist es nicht möglich, N als Funktion von z wie früher darzustellen. Indessen zeigt die 3. Gleichung, daß N sich von

$$\gamma = g\left(1 + \frac{2l}{a}\right) + 3\omega^2 l\cos\varphi^2$$

nur um Glieder von der ersten Ordnung unterscheidet, daß daher $\frac{N}{l}x$ und $\frac{N}{l}y$ sich von $\frac{\gamma}{l}x$ und $\frac{\gamma}{l}y$ nur um Glieder 2. Ordnung unterscheiden. Somit wird die Projektion der Bahn auf die XY-Ebene bestimmt durch:

$$x'' = 2\omega y'\sin\varphi - 4l\omega^2\sin\varphi\cos\varphi$$
$$+ x\left(-\frac{\gamma}{l} - \frac{\gamma}{a} + \omega^2\sin\varphi^2 - \omega^2\cos\varphi^2\right)$$
$$y'' = -2\omega x'\sin\varphi + y\left(-\frac{\gamma}{l} - \frac{\gamma}{a} + \omega^2\sin\varphi^2\right).$$

Das Pendel ist in der Ruhelage aus der Z-Achse abgelenkt um $x = \dfrac{4l\omega^2\sin\varphi\cos\varphi}{\frac{\gamma}{l} + \frac{\gamma}{a}}$ oder angenähert $x = \frac{4l^2}{\gamma}\omega^2\sin\varphi\cos\varphi$. Die Schwingungen sind nach dem Satz über die fingierten Kräfte der relativen Bewegung eine Kombination der Drehung $(-\omega\sin\varphi)$ mit der Bewegung:

$$\xi'' = -\xi(n^2 + \omega^2\cos\varphi^2) \qquad \eta'' = -\eta n^2.$$

Diese erfolgt in der Lissajous-Kurve zweier fast gleich gestimmter Stimmgabeln, d. h. in einer Ellipse, die so langsam variiert, daß sie nach der Periode $\frac{4\pi n}{\omega^2\cos\varphi^2}$, oder etwa 100 Jahren, in ihre ursprüngliche Spur zurückkehrt. Das ist der Einfluß von ω^2!

Es reicht also völlig aus, nur die Coriolissche Kraft zu beachten. Um diese in Berlin zu bestimmen, darf man die Erdrotation in die Komponenten $\omega\sin\varphi$, $\omega\cos\varphi$ zerlegen. Die erste erzeugt, nach den für den Pol angestellten Betrachtungen, eine Rotation der Schwingungsebene mit der Geschwindigkeit $(-\omega\sin\varphi)$, die zweite ist so wirkungslos wie die Coriolissche Kraft der Erdrotation auf Pendel am Äquator. Darin liegt der Grund, daß man die Drehung der Schwingungsebene durch Zerlegung der Erdrotation richtig erhält. Diese Drehung tritt übrigens nicht nur bei dem Foucaultschen Pendel in Erscheinung, sondern überall, wo ein elastisch schwingender Stab oder eine Saite an einem Gestell befestigt ist, das sich dreht. Die Rechnungen in Tesařs zweiter Abhandlung beziehen sich besonders darauf, daß die Glieder mit ω^2 und die Zusatzkräfte der Attraktion zu $xy'' - yx''$ keine erheblichen Beiträge liefern, oder daß bei dem Übergang zu einem rotierenden Achsensystem $\xi\eta'' - \eta\xi''$ fast = 0, also $\xi\eta' - \eta\xi'$ konstant wird. Aber aus diesem Satz allein kann man nicht auf die Art der Bahn schließen, sondern nur feststellen, daß irgendwelche Bahn mit konstanter Flächengeschwindigkeit durchlaufen wird.

5. Die Südabweichung beim freien Fall? Fällt ein Stein vom Punkte O aus frei herab, bis er die Ebene $z = -l$ erreicht, so gelten die Gleichungen

$$x'' = 2\omega y'\sin\varphi + x\left(-\frac{g}{a} + \omega^2\sin\varphi^2 - \omega^2\cos\varphi^2\right) +$$
$$+ 4z\omega^2\sin\varphi\cos\varphi$$
$$y'' = -2\omega x'\sin\varphi - 2\omega z'\cos\varphi +$$
$$+ y\left(-\frac{g}{a} + \omega^2\sin\varphi^2\right)$$
$$z'' = -g + 2\omega y'\cos\varphi +$$
$$+ z\left(\frac{2g}{a} + 3\omega^2\cos\varphi^2\right) + 4x\omega^2\sin\varphi\cos\varphi.$$

Diesen genügen folgende gerade oder ungerade Potenzreihen von t:

$$x = 0\cdot t^4 + (t^6), \qquad y = \frac{1}{3}g\omega\cos\varphi\cdot t^3 + (t^5),$$
$$z = -\frac{1}{2}gt^2 + (t^4).$$

Die Ebene $z = -l$ wird erreicht in dem Punkte $(x_1\ y_1)$:

$$x_1 = 0, \quad y_1 = \frac{1}{3} g^{-1/2} (2l)^{3/2} \omega \cos \varphi.$$

Das vom Punkte O herabhängende Pendel hat aber nach 4. die Ruhelage (x_2, y_2):

$$x_2 = -\frac{4l^2}{g} \omega^2 \sin \varphi \cos \varphi, \quad y_2 = 0.$$

Der fallende Stein hat also vom Fußpunkt des Pendellotes die Abweichung $\xi = x_1 - x_2 = \frac{4l^2}{g} \omega^2 \sin \varphi \cos \varphi$, etwa $5 \cdot 10^{-8}\, l^4 \sin \varphi \cos \varphi$ nach Süden und $\eta = y_1 - y_2$ nach Osten.

Vor kurzem hat de Sparre[1]) genaue Ausdrücke für die Abweichung nach Süden veröffentlicht, indem er die Erde als homogenes Ellipsoid betrachtet und den Körper nicht nur von einem Turm, sondern auch in einen Schacht fallen läßt. Seine Formeln geben aber die Abweichung von der vertikalen Z-Achse im Ausgangspunkt, für einen Versuch kämen nur die Abstände des Aufschlagpunktes und des Pendels in Betracht, welches von der unten wirkenden Schwerkraft eingestellt wird.

Diese Größe findet man direkt, wenn man den Fall im Punkte $(0, 0, l)$ beginnen läßt. Man erhält dann die Reihen:

$$x = 2 l \omega^2 \sin \varphi \cos \varphi\, t^2 + (t^4),$$

$$y = \frac{1}{3} \omega g' \cos \varphi\, t^3 + (t^5),$$

$$z = l - \frac{1}{2} g' t^2 + (t^4),$$

wenn $g' = g\left(1 - \frac{2l}{a}\right) - 3 l \omega^2 \cos \varphi^2$ die Schwere im höchsten Punkte bedeutet. Für $Z = 0$ wird $t^2 = \frac{2l}{g'}$, also wie oben

$$x = \frac{4l^2}{g'} \omega^2 \sin \varphi \cos \varphi,$$

$$y = \frac{1}{3} g'^{-1/2} (2l)^{3/2} \omega \cos \varphi.$$

Für Reichs Versuche würde die Südabweichung 0,03 mm betragen.

Beachtet man nur die Coriolisschen Kräfte, so erhält man als Südabweichung

$$\frac{2}{3} \frac{\omega^2}{g} \sin \varphi \cos \varphi \cdot l^2,$$

d. h. sie ist unmerklich, vom Betrage der vernachlässigten Glieder mit ω^2. Tesar erhält $\frac{3}{2} \frac{\omega^2}{g} \sin \varphi \cos \varphi \cdot l^2$, indem er die Zentrifugalkraft genau bestimmt, nicht aber die Attraktion. Alles kommt dahin überein, daß sie praktisch $= 0$ ist, was längst bekannt ist, aber immer wieder bezweifelt wird. Übrigens folgt die beobachtete Abnahme der Schwere mit der Höhe nicht dem theoretischen Gesetz, sondern hängt von der Lage und Umgebung des Ortes ab.

1) Comptes rendus, tome **140**, 33, 1905.

Zusätze bei der Korrektur.

Zu 1. Bei der von Herrn D. angestrebten Strenge kommt jedem einzelnen Punkte des Versuchsfeldes eine besondere Größe und Richtung der Schwere zu, es ist nicht angängig, als Schwere für einen bestimmten Punkt P nahe der Erdoberfläche eine Kraft zu definieren, die der scheinbaren Schwere des in der Nachbarschaft willkürlich angenommenen Punktes O nach Größe und Richtung gleicht. Liegt der Anfangspunkt O in der Wurzel eines Kirschbaums, so ist für die Lage und für die Schwingungen der Kirschen die scheinbare Schwerkraft jeder einzelnen maßgebend. Man könnte ja den Anfangspunkt dorthin verlegen. Eben dieselbe Kraft ist für die Fallbewegung maßgebend, wenn man die Kirschen beim Pflücken in den Korb fallen läßt.

Zu 4. Das entwickelte Potential der Schwere folgt auch durch Spezialisierung aus den Formeln von Hansen[1]) und von Bertram[2]), welche die Erde aus ellipsoidischen ähnlichen Schichten bestehen lassen. Aus Bertrams Formeln ergibt sich die Südabweichung, die er auf die Ausgangs-Vertikale bezieht, also die Größe x_1, wie bei uns streng gleich 0. Dagegen erhält de Sparre[3]), bis zu Größen vom Betrage ω^3 fortschreitend, eine winzige Abweichung von der Ausgangs-Vertikale nach Norden, etwa $2 \cdot 10^{-11} \cdot \sin \varphi^3 \cos \varphi\, t^4$. Eine neue Betrachtungsweise von Fouché[3]) zeigt, daß für jeden von einer Niveaufläche begrenzten Weltkörper ein fallender Stein dieselbe südliche Abweichung erleidet, mag er von einem Turm oder in einen Schacht fallen.

1) Astronom. Nachr. **38**, No. 897, 1854.
2) Programm der Sophien-Real-Schule Berlin, 1869.
3) Bulletin de la société math. de France **33**, 1905.

(Eingegangen 4. Juli 1906.)

Fluoreszenz und Lambertsches Gesetz.[1])

Bemerkung zur Arbeit des Herrn R. W. Wood.

Von H. Greinacher.

Herr Wood berichtet in der genannten Arbeit über die Erscheinung, daß fluoreszierende Flächen, in der Verkürzung betrachtet, heller erscheinen, als von vorne. Er bemerkt sodann: „Diese Zunahme der spezifischen Inten-

1) Diese Zeitschr. **7**, 475, 1906.

sität einer fluoreszierenden Oberfläche, wenn man sie in der Verkürzung, sozusagen von einem Standpunkte im Innern des Mediums aus, betrachtet, diese Zunahme muß schon von vielen Beobachtern wahrgenommen worden sein; indessen bin ich nicht imstande gewesen, irgendeine Erwähnung derselben in der einschlägigen Literatur zu finden."

Ergänzend zu dieser Bemerkung des Herrn Wood möchte ich nun erwähnen, daß über die in Frage stehende Erscheinung bereits früher berichtet worden ist. Ich glaube hier um so eher darauf hinweisen zu sollen, als die Bemerkung des Herrn Wood immerhin den Schein erwecken könnte, als ob die Tatsache noch nicht beachtet worden wäre. H. Becquerel[1]) macht nämlich in einer Arbeit vom Jahre 1904 darauf aufmerksam, daß man das Selbstleuchten von Uransalzen, die in dünner Schicht ausgebreitet sind, von der Seite besser sehe, als von vorne. Er erwähnt die Tatsache mit Rücksicht darauf, daß die betreffenden Salze meist so schwach leuchten, daß die Fluoreszenz nur von der Seite genügend ist, um überhaupt sichtbar zu sein. Die von Herrn Wood beschriebene Erscheinung findet sich hier also nicht nur erwähnt, sondern es wird bereits ihre praktische Verwendung zur Sichtbarmachung schwacher Fluoreszenzhelligkeiten angegeben. Ob übrigens die Erscheinung bereits vor 1904 sich beschrieben findet, ist mir nicht bekannt.

Hier möchte ich nur noch in Kürze auf meine eigene Arbeit „Über die durch Radiotellur hervorgerufene Fluoreszenz von Glas, Glimmer und Quarz"[2]) hinweisen, in welcher ich gleichfalls über die in Frage stehende Erscheinung berichtet habe. Ich tue dies mit Rücksicht darauf, daß meine Arbeit nicht lange vor derjenigen des Herrn Wood und ebenfalls in dieser Zeitschrift erschienen ist. In dieser Hinsicht muß es zunächst auffallend erscheinen, wenn Herr Wood die oben zitierte Bemerkung macht. Es ist jedoch dabei zu bedenken, daß die betreffende Arbeit eine Übersetzung aus dem Englischen darstellt, und daß dem Verfasser bei der Abfassung des englischen Originals meine Arbeit sehr wohl noch nicht bekannt sein konnte. Doch möchte ich mir hiermit immerhin erlauben, meine Versuche in Ergänzung zu der Bemerkung des Herrn Wood zu erwähnen.

Ich habe die Zunahme der Fluoreszenzhelligkeit mit der Verkürzung der Fläche sowohl direkt beobachtet als auch photographisch nachgewiesen. Seite 227 bemerke ich: „Die Fluoreszenz der Glasplatte konnte ich auch nach einer halben Stunde nicht von vorn sehen, dagegen schon wenige Minuten nach Verdunkeln von der Seite." Ferner habe ich folgenden Versuch gemacht: Eine bikonvexe Quarzlinse wurde auf ein Marckwaldsches Poloniumpräparat gelegt, und war die Anordnung derart, daß nur ein Teil der unteren Linsenfläche zur Fluoreszenz erregt wurde. Über der Quarzlinse wurde nun eine photographische Platte angebracht. Es zeigte sich, daß diese nicht bloß direkt gegenüber der leuchtenden Fläche beeinflußt war, sondern, daß sich auch der Rand der Linse abgebildet hatte. Es waren hier offenbar die seitlich von der leuchtenden Fläche ausgehenden Strahlen, die, aus dem Linsenrand austretend, noch kräftige photographische Wirkung ausübten.

Des weiteren habe ich die Erscheinung der Randabbildung auch mit Glasplatten beobachtet; doch habe ich in meiner Arbeit darüber nichts erwähnt. Der Versuch bestand darin, daß zwischen ein Poloniumpräparat und die photographische Platte eine Glasplatte eingeschoben wurde. Die Glasfläche am Polonium fluoreszierte dann, und das Präparat photographierte sich infolgedessen durch das Glas hindurch. Die photographische Platte zeigte sich nun aber auch überall da geschwärzt, wo sie vom Glas nicht bedeckt gewesen war. Der Rand der Glasplatte war dabei scharf abgezeichnet. Die Erscheinung erklärt sich wiederum dadurch, daß die aus dem Glasrand austretenden Strahlen, die seitlich von der fluoreszierenden Fläche ausgegangen waren, genügende Intensität hatten, um die photographische Platte zu beeinflussen. Dabei war allerdings zu berücksichtigen, daß infolge Totalreflexion auch weniger schiefe Strahlen nach dem Rande gelangten und die photographische Einwirkung verstärkten. Durch diese Totalreflexion ist es auch zu erklären, daß aus den Glasflächen keine Strahlen austraten, insofern man von dem Teile absieht, welcher der fluoreszierenden Fläche direkt gegenüberlag. Die photographische Platte wurde infolgedessen auch, soweit sie von der Glasfläche bedeckt war, nicht beeinflußt.

Bringt man umgekehrt etwa an das Ende eines Glasstreifens eine Lichtquelle, so tritt das Licht durch den Rand ein und durchzieht den Glasstreifen infolge vielfacher Totalreflexion unvermindert von einem Ende zum andern. Diese Erscheinung ist bekanntlich dazu benutzt worden, um Glasmaßstäbe von der Seite, gleichsam vom Glasinnern aus, zu beleuchten.

St. Gallen, den 22. Juli 1906.

(Eingegangen 23. Juli 1906.)

1) C. R. **138**, 184, 1904.
2) Diese Zeitschr. **7**, 225, 1906.

REFERATE.

Fr. Bidlingmaier, **Magnetische Messungen an Bord.** 8⁰. 39 S.

Vorliegende Arbeit bildet einen Abschnitt aus der bekannten, nunmehr in dritter Auflage vorliegenden, von G. v. Neumayer herausgegebenen „Anleitung zu wissenschaftlichen Beobachtungen auf Reisen" (bei Max Jänecke, Hannover 1905). Sie schließt sich an den vom Herausgeber und J. Edler bearbeiteten Abschnitt über die magnetischen Messungen an Land an, und ist lediglich den wissenschaftlichen Beobachtungen an Bord gewidmet. Was bisher an solchen Zusammenstellungen existierte, betraf fast nur die praktischen Zwecke der Navigation oder die Handhabung einzelner Instrumente. Hier wird zum ersten Male gleichmäßig das ganze Gebiet der magnetischen Beobachtungen an Bord bearbeitet und das an Hand einer reichen Erfahrung, wie sie eben der Verfasser als Magnetiker der deutschen Südpolarexpedition erlangen konnte. Die Eigenart der Beobachtung auf einer so schwankenden Unterlage, wie sie ein Schiff bietet, hat sicher noch ein über das Interesse des Forschungsreisenden hinausgehendes Interesse, so daß folgende kurze Angaben gestattet sein mögen.

Das, was bei magnetischen Beobachtungen an Bord in erster Linie stört, ist natürlich der Eigenmagnetismus des Schiffskörpers. Es ist jedoch die Ermittelung seines Einflusses an Hand der Deviationstheorie ein genugsam entwickeltes und bekanntes Verfahren, so daß der Verfasser seine Darstellung lediglich den Bedürfnissen des Forschungsreisenden anzupassen hatte.

Dagegen fand er wenig oder keine Vorarbeit in bezug auf die Elimination der Bewegungen des Systems, das aus dem Meere mit seinem Wellengang, dem Schiff mit seinen Eigenschwingungen und der Magnetnadel besteht, die ihrerseits ihre Eigenschwingungen besitzt.

Um die aus dem Wogengange und den Eigenschwingungen des Schiffskörpers resultierenden Schwankungen in ihrem Einfluß auf das Instrument möglichst zu verringern, bedient man sich eines sogenannten Schlingertisches. Es ist das ein Stativ, dessen drei Beine mit dem Schiffsboden verschraubt sind, und dessen Platte kardanisch aufgehängt ist. Sie trägt an einer Stange nach unten eine verschiebbare schwere Masse, die auf die jeweilige Schwingungsdauer eingestellt werden kann. Es ist jedoch klar, daß eine vollkommene Kompensation der äußeren Schwingungen kaum erreicht werden wird. Da ferner die Magnete der auf dem Schlingertisch stehenden Instrumente nur in den seltensten Fällen gerade im Schwerpunkt unterstützt sein werden, so muß selbst bei vollkommener Kompensation, allein schon durch die Parallelverschiebungen des Schiffes ein Schwanken der Magnete hervorgerufen werden. Die Erfahrung hat nun dem Verfasser gezeigt, daß es trotz dieser Fülle von Bewegungen möglich ist, sich in das resultierende periodische System von Schwingungen so einzuleben, daß man imstande ist, die Einzelablesungen gleichmäßig über die Gesamtperiode zu verteilen und diese so aus dem Resultate zu eliminieren.

Bei einer Art von Schiffsbewegungen ist es verhältnismäßig leicht, sie zu berücksichtigen: den Drehungen um die Vertikale. In der Tat genügt es, daß ein zweiter Beobachter gleichzeitig mit dem Beobachter am Hauptinstrument den gesegelten Kurs am Kompaß abliest; dessen Variationen werden dann einfach berücksichtigt, etwa, wie an Land das Deklinometer die Variationen des magnetischen Azimuts angibt.

Die von dem Verfasser so erprobten und ausgedachten Verfahren lassen natürlich bestimmte Wünsche für die Konstruktion von magnetischen Schiffsinstrumenten entstehen, so daß vorliegende Arbeit auch für die Verfertiger solcher Instrumente von Wert sein dürfte.

Die Arbeit hat dadurch ein aktuelles Interesse, daß das magnetische Departement der Carnegie-Institution in Washington die systematische magnetische Vermessung der Ozeane in Angriff genommen hat und nunmehr aus den praktischen Erfahrungen der deutschen Südpolar-Expedition reichen Nutzen ziehen kann.

Potsdam. A. Nippoldt.

(Eingegangen 30. Juni 1906.)

BESPRECHUNGEN.

A. Wachtel, **Anwendung der Graphostatik im Maschinenbau**, mit besonderer Berücksichtigung der statisch bestimmten Achsen und Wellen. Elementares Lehrbuch für technische Unterrichtsanstalten, zum Selbststudium und zum Gebrauch in der Praxis. kl. 4⁰. VII u. 146 S. mit 194 Abbildungen. Hannover, Dr. M. Jännecke. 1906. Brosch. Mk. 4.40, geb. Mk. 5.20.

Das Buch enthält die mannigfachsten Anwendungen der Graphostatik, dargelegt an praktischen Beispielen des Maschinenbaus. Nur

die statisch bestimmten Systeme sind behandelt. Die Grundlehren sind möglichst knapp gehalten. Das Buch erreicht vollauf, schon durch die gute Ausführung der Zeichnungen seinen Zweck.

H. Hort.

(Eingegangen 10. Juni 1906.)

R. Börnstein, Leitfaden der Wetterkunde. Gemeinverständlich bearbeitet. 2. umgearbeitete und vermehrte Auflage. gr. 8°. XI u. 231 S. Mit 61 Abbildungen und 42 Tafeln. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn. 1906. Mk. 6.—.

Dies soeben in 2. Auflage erschienene Werk trägt in seiner ganzen Anlage einen eigenartigen Charakter. Nicht dem eigentlichen Fachstudium will es dienen, sondern den gebildeten Leser über die Wetterkunde unterrichten und ihn gleichzeitig, und das ist charakteristisch für das Buch, auch in die Lage versetzen, eine Prognose zu verstehen und richtig zu deuten, eventuell auch selbständig eine solche aufzustellen. Unter Voraussetzung allgemein physikalischer Kenntnisse, wie man sie von gebildeten Laien wohl erwarten kann, erhält der Leser eine kurze Einführung in die Theorie der atmosphärischen Erscheinungen. Weitergehenden Ansprüchen kommt ein sorgfältig ausgewähltes Literaturverzeichnis entgegen. Einen verhältnismäßig großen Raum nimmt, wie oben angedeutet, die praktische Meteorologie ein, das Prognosenwesen und die Grundlagen desselben, die regelmäßigen Beobachtungen. Als sehr wertvoll ist die Zusammenstellung des Witterungsdienstes in den verschiedenen Ländern zu bezeichnen, der von keinem anderen neueren Werke berücksichtigt ist. Die neuesten Forschungsergebnisse sind vom Verfasser in jeder Beziehung berücksichtigt worden. Es mag hier noch auf die einzig dastehende Ausstattung des Buches hingewiesen werden, eine Fülle von Karten und trefflichen Abbildungen, unter denen namentlich die Reproduktion der hauptsächlichsten Wolkenformen auffallen, unterstützen den Text. Seeleuten, Landwirten und Lehrern des naturwissenschaftlichen Unterrichtes wird das Buch die trefflichsten Dienste leisten.

E. Przybyllok.

(Eingegangen 10. Juni 1906.)

J. Nasmyth und J. Carpenter, Der Mond als Planet, Welt und Trabant. Vierte Auflage. Zweite, völlig veränderte, verbesserte und vermehrte deutsche Umarbeitung des englischen Originaltextes von Hermann J. Klein. gr. 8. VIII u. 214 S. Mit zahlreichen Holzschnitten, zwei lithographierten und neunzehn Tafeln in Lichtdruck. Hamburg, L. Voß. 1906. Mk. 8.50.

In England, wo die populär-wissenschaftliche Literatur sich einer weit größeren Verbreitung als bei uns erfreut, ist auch dieses Buch entstanden und hat dort mehrere Auflagen erlebt. Das liegt einmal an dem größeren Interesse, das von dem englischen Leserpublikum Werken dieser Art entgegengebracht wird, andrerseits in der Art und Weise, in der hier ein an und für sich spröder Stoff behandelt wurde. Gerade diejenigen Fragen werden behandelt, die dem großen Publikum am interessantesten zu sein dünken, Bewohnbarkeit des Mondes, Vergleichung irdischer Erscheinungen (Vulkanismus) mit analogen Erscheinungen auf der Mondoberfläche usw. Hierzu treten noch die zahlreichen Abbildungen, die ihre Wirkung nicht verfehlt haben und sie heute auch noch tun dürften. Nach unseren heutigen Kenntnissen indessen waren große Partien des Buches veraltet, stellenweise vertraten die Verfasser recht zweifelhafte Ansichten. Der Herausgeber mußte sich daher zu einer Umarbeitung entschließen, die er vielleicht nicht weit genug ausgedehnt hat; die von ihm geschriebenen Partien sind zweifellos die besten. Der Inhalt des Buches in seiner neuen Gestalt besteht im wesentlichen aus einer Schilderung der Mondoberfläche, die im großen ganzen recht gut gelungen ist. Eine große Rolle spielt hierbei der Vergleich der Krater des Mondes mit unseren irdischen Vulkanen, desgleichen Hypothesen über die Entstehung der Mondkrater, Streifensysteme und Rillen. Das ist ein sehr gefährliches Terrain. Unsere Kenntnisse des irdischen Vulkanismus sind so mangelhaft, daß wir es kaum wagen dürfen, sie auf andere Weltkörper zu übertragen. Indessen pflegen Spekulationen dieser Art erfahrungsgemäß die Wünsche des großen Publikums gerade am meisten zu befriedigen. Die Abbildungen sind hauptsächlich Photographien von Modellen, die an und für sich auch auf den nicht unbefangenen Beschauer eine verblüffende Wirkung ausüben. Leider sind sie zum Teil nicht geeignet, richtige Vorstellungen zu erwecken. Dies gilt besonders vom Titelblatt und der Tafel X (Ringgebirge Triesnecker mit Umgebung). Das auf der letzteren Tafel dargestellte Rillensystem hat der Unterzeichnete auch mit größeren Refraktoren nie so erkennen können, wie es die Abbildung wiedergibt. Hier wäre es wohl angebracht gewesen, die Abbildungen durch Reproduktionen von Teilen der größeren photographischen Mondatlanten zu ersetzen, wie sie beispielsweise die Pariser Sternwarte herausgibt. Auch dürfte es sich empfehlen, die in Tafel III gegebene Photographie des Vollmondes richtig zu orientieren. Alles in allem genommen aber kann das Buch,

dank der Arbeit des Herausgebers, es jetzt wieder wagen, vor einen größeren Leserkreis zu treten. E. Przybyllok.

(Eingegangen 10. Juni 1906.)

E. **Kohlschütter, Meßkarte** zur Auflösung sphärischer Dreiecke nach Chauvenet neu herausgegeben. Berlin, Dietrich Reimer (Ernst Vohsen). Mk. 1.50.

Die Meßkarte besteht aus zwei stereographisch projizierten Gradnetzen, die sich um ihren gemeinsamen Mittelpunkt drehen lassen. Das eine dieser Gradnetze, schwarz auf weiße Pappe gedruckt, stellt das Äquatorialsystem, das andere, rot auf eine durchsichtige zelluloidartige Scheibe gedruckt, das Azimutalsystem vor. Es lassen sich also mit dieser Meßkarte alle Aufgaben lösen, die auf der Verwandlung der beiden Koordinatensysteme ineinander beruhen. Speziell konstruiert, um auf See den Namen eines unbekannten Gestirns festzustellen, ist sie für alle Aufgaben der oben angedeuteten Art, Ortsbestimmungen und dergleichen brauchbar, wenn rasches Arbeiten und nur genäherte Genauigkeit erfordert wird. Eine Vergleichung von 20 direkt gerechneten Koordinaten mit den entsprechenden aus der Meßkarte abgeleiteten Werten zeigte, daß der mittlere Fehler einer mit der Meßkarte bestimmten Koordinate zu etwa $0^0,4$ (bezogen auf den größten Kreis) zu setzen ist. Beim Gebrauch dieser sehr handlichen Meßkarte ist nur darauf zu achten, daß die beiden Gradnetze sich möglichst genau konzentrisch drehen, was nicht immer der Fall zu sein scheint. E. Przybyllok.

(Eingegangen 10. Juni 1906.)

H. S. Hallo und H. W. Land, Elektrische und magnetische Messungen und Meßinstrumente. Eine freie Bearbeitung und Ergänzung des holländ. Werkes: Magnetische en elektr. Metingen v. G. J. van Swaay. 8. XII u. 517 S. mit 343 Fig. Berlin, Jul. Springer. 1906. Gebunden M. 15,—

Das vorliegende Werk stellt eine freie Bearbeitung eines holländischen Werkes von van Swaay dar und ist in erster Linie für Studierende der technischen Hochschulen bestimmt. Es ist keineswegs absolute Vollständigkeit angestrebt, sondern mehr Wert darauf gelegt, die typischen Meßverfahren und Instrumente an geeigneten Modellen zu behandeln. Entsprechend der vorzugsweisen Verwendung für die Technik kommt die elektrochemische Meßmethodik reichlich kurz weg, doch ist dies nicht gerade als Vorwurf aufzufassen. Im Gegenteil verdient das Buch mancher Vorzüge wegen und wegen seines reichen Figurenmaterials durchaus lobende Erwähnung. Emil Bose.

(Eingegangen 4. Juli 1906.)

Max Wolf, Stereoskopbilder vom Sternhimmel, 1. Serie. 8. 12 Tafeln. Leipzig, Joh. Ambr. Barth. 1906. M. 5,—.

Der Leiter der Sternwarte vom Königsstuhl bietet hier eine Reihe seiner außerordentlich interessanten stereoskopischen Aufnahmen vom Sternhimmel dar. Die vorzüglichen Reproduktionen geben ein anschauliches Bild der vielseitigen Verwendbarkeit stereoskopischer Hilfsmittel in der Behandlung astronomischer Probleme. Eine Aufzählung der auf den 12 Tafeln der Serie dargestellten Erscheinungen gibt die beste Übersicht und sagt dem mit dem Gegenstande einigermaßen Vertrauten alles. Ein veränderlicher Stern; ein Planet mit seinen Monden; ein Planetoid; eine Sternschnuppe; drei verschiedene Aufnahmen des Kometen Perrine; eine solche, die die Eigenbewegung der Fixsterne veranschaulicht; der Andromeda- und der Orion-Nebel, sowie schließlich zwei Mondlandschaften bilden den Inhalt der kleinen Mappe. Immer wieder muß man die einzelnen Bilder im Stereoskope betrachten, die den Blick hinausführen in die unbegrenzten Räume des gestirnten Himmels. Emil Bose.

(Eingegangen 4. Juli 1906.)

Neuere Literatur über Radioaktivität.

Die stürmische Entwicklung und Ausbreitung, welche die Literatur der Radioaktivität genommen hatte, ist allmählich in gemäßigte Bahnen gelangt. Von den bisher hier noch nicht besprochenen Werken ist an erster Stelle zu erwähnen:

E. Rutherford, Radioactivity. 2. Auflage. Cambridge, University Press (London: J. C. Clay and Sons) 1905.

Das schon seit einiger Zeit erschienene Werk ist inzwischen in die Hände der meisten dem Gegenstande auch nur einigermaßen nahestehenden Physiker gelangt. Man ist nur einer Meinung über diese neue Auflage des Rutherford, und es bedarf daher an dieser Stelle keines besonderen Lobes mehr.

Paul Gruner, Die radioaktiven Substanzen und die Theorie des Atomzerfalles. gr. 8. IV u. 103 S. mit 1 Tafel und 3 Figuren. Bern, A. Francke. 1906. M. 1,60.

Hier handelt es sich um eine mit Geschick abgefaßte kurze Darstellung des auf dem Gebiete der Radioaktivität bisher Erforschten unter Berücksichtigung auch der allerneuesten

Literatur. Zur Orientierung auf dem Gebiete ist das Werkchen aufrichtig zu empfehlen.

K. von Papius, Das Radium und die radioaktiven Stoffe. Gemeinverständliche Darstellung nach dem gegenwärtigen Stande der Forschung mit Einflechtung von experimentellen Versuchen und unter besonderer Berücksichtigung der photographischen Beziehungen. 8. VIII u. 90 S. mit 36 Abbildungen. Berlin, G. Schmidt. 1905. M. 2,—.

Von diesem Werkchen, das einen ähnlichen Umfang hat wie das vorher genannte, läßt sich ungefähr dasselbe sagen, nämlich, daß es eine mit Geschick ausgewählte gemeinverständliche Übersicht über die Erscheinungen der Radioaktivität bietet.

Augusto Righi, Die moderne Theorie der physikalischen Erscheinungen (Radioaktivität, Ionen und Elektronen). Aus dem Italienischen übersetzt von B. Dessau. 8. V u. 152 S. mit 17 Abbildungen. Leipzig, Joh. Ambr. Barth. 1905. Kart. M. 2,80.

Das Werkchen von Righi ist an dieser Stelle schon früher nach der italienischen Ausgabe besprochen worden, und es bedarf daher jetzt nur des Hinweises darauf, daß der sehr lesenswerte Überblick über die Elektronik nunmehr auch in deutscher Sprache vorliegt.

Jahrbuch der Radioaktivität und Elektronik. Herausgegeben von J. Stark. Leipzig, S. Hirzel. Jährlich 1 Band in 4 Heften. à Band M. 15,—.

Vom Jahrbuch der Radioaktivität und Elektronik liegt inzwischen der zweite Jahrgang vollständig vor und der dritte ist im Erscheinen begriffen. Band II enthält wieder eine große Reihe wertvoller Originalarbeiten und vorzüglich ausgearbeiteter Berichte über einzelne aktuelle Fragen der Elektronik, sowie reiche Literaturzusammenstellungen.

Emil Bose.

(Eingegangen 4. Juli 1906.)

H. Poincaré, Wissenschaft und Hypothese. Autorisierte deutsche Ausgabe mit erläuternden Anmerkungen von F. u. L. Lindemann. 2. verb. Auflage. 8. XVI u. 346 S. Leipzig, B. G. Teubner. 1906. Gebunden M. 4,80.

H. Poincaré, Der Wert der Wissenschaft. Mit Genehmigung des Verfassers ins Deutsche übertragen von E. Weber. Mit Anmerkungen und Zusätzen von H. Weber. 8. V u. 252 S. und einem Bildnis des Verfassers. Leipzig, B. G. Teubner. 1906. Gebunden M. 3,60.

Die erste Auflage von Henri Poincarés Wissenschaft und Hypothese ist früher an dieser Stelle eingehend gewürdigt worden. Inzwischen ist dieselbe in weiten Kreisen eifrig gelesen und diskutiert worden, und das Bedürfnis nach einer zweiten Auflage machte sich bemerkbar. Diese ist gegen die erste nur in unwesentlichen Punkten geändert und verbessert worden, entsprechend der siebenten Auflage des französischen Originals.

Gleichzeitig mit der zweiten Auflage von Wissenschaft und Hypothese erscheint die deutsche Ausgabe eines neuen Werkes von Poincaré: „Der Wert der Wissenschaft". Auch hier bietet sich dem wissenschaftlich vorgebildeten Leser eine anregende und gedankenreiche Lektüre, welche durch die Anmerkungen und Zusätze von H. Weber eine willkommene Ergänzung findet. Die Übertragung des französischen Originals ins Deutsche ist als überaus wohlgelungen zu bezeichnen. Das mit einem Bildnis des Autors geschmückte Buch darf gewiß auf einen reichen Leserkreis rechnen.

E. Bose.

(Eingegangen 4. Juli 1906.)

Geoffrey Martin, Researches on the Affinities of the Elements and on the causes of the chemical similarity or disimilarity of elements and compounds (Untersuchungen über die Affinität der Elemente, sowie über die Ursachen der chemischen Ähnlichkeit oder Verschiedenheit bei Elementen und Verbindungen). London, J. u. A. Churchill. 1905. 12 sh.

Das vorliegende Werk bildet einen außerordentlich interessanten Versuch, die Affinitätsverhältnisse der sämtlichen chemischen Elemente zueinander in Beziehung zu setzen und übersichtlich zu veranschaulichen. Wenngleich im einzelnen sich mancherlei gegen die rechnerischen Betrachtungen des Verfassers einwenden läßt, so muß man doch anerkennen, daß es dem Verfasser gelungen ist, wenigstens in erster roher Annäherung sein Ziel zu erreichen, und viel mehr ist nach dem heutigen Stande unserer Kenntnisse auch zurzeit nicht möglich. Für jedes Element wird eine Fläche konstruiert, welche sich über dem in einer Ebene ausgebreiteten periodischen System erhebt, und deren Höhenlage an den verschiedenen Stellen die Affinität des betrachteten Elements zu allen anderen darstellt. Der Verlauf dieser Flächen ist sehr charakteristisch und gibt in der Tat eine anschauliche Vorstellung von den chemischen Eigenschaften der einzelnen Elemente. Daß ein derart eigenartiges Unternehmen als erster Versuch gelten muß und durchaus nichts Abschließendes darstellen kann, liegt in der Natur der Sache, aber gewiß wird dasselbe,

wenn auch bisweilen nur durch die Herausforderung zum Widerspruch, äußerst fördernd auf das Studium der zurzeit besonders aktuellen chemischen Affinitätsverhältnisse der Elemente einwirken. E. Bose.

(Eingegangen 4. Juli 1906.)

E. Mach, Erkenntnis und Irrtum. Skizzen zur Psychologie der Forschung. gr. 8. XI u. 461 S. mit Figuren. Leipzig, Joh. Ambr. Barth. 1905. M. 10,—.

In freier Bearbeitung enthält das vorliegende Buch eine Auswahl der vom Verfasser 1895 bis 1896 gehaltenen Vorlesungen über Psychologie und Logik. Es will die psychologischen Vorgänge, durch welche der Naturforscher seine Kenntnisse erwirbt, seine Begriffe bildet, analysieren und den Wurzeln naturwissenschaftlicher Forschung nachspüren. Zu einer solchen Aufgabe kann allerdings auch nur die Hand eines Forschers, wie Mach es ist, eine so glückliche Lösung finden. Der Verfasser ist kein Philosoph von der Zunft, aber wenige können sich rühmen, die verschlungenen Pfade des wissenschaftlichen Denkens bis in alle Nebenwege hinein so gründlich verfolgt und kennen gelernt zu haben, wie er. Nicht von dem engen Guckloche eines philosophischen „Systems" aus registriert er einseitig die Geschehnisse im Denkapparat des naiv beobachtenden Menschen sowie des methodisch geschulten Naturkundigen. Den erziehlichen Weg der Veranschaulichung wählt Mach zur Darlegung und Entwickelung seiner psychologisch-erkenntnistheoretischen Ideen. Philosophische Erkenntnis ist eben wie jedes andere Wissen auf Beobachtung und Anschauung zu basieren.

Wenn man auch keinem der einzelnen Abschnitte des inhaltsreichen Werkes einen besonderen Vorzug einzuräumen hat, so sind doch für die Denkweise, die sich darin dokumentiert, die Kapitel am bezeichnendsten, in welchen der Verfasser den Prozeß der Begriffsbildung schildert und meines Erachtens vollkommen einwandfrei darstellt. Der Kern seiner Untersuchungsresultate nach dieser Richtung ist der, daß „reine Anschauung a priori" überhaupt nicht als Erkenntnisquelle gelten könne. Auch von den mathematischen Begriffen, die Kant und seinen Anhängern bis in die Gegenwart hinein als Hauptstütze für die Annahme der Begriffe „a priori" gedient haben, zeigt Mach, daß sie nur als Schematisierungen und Idealisierungen unserer durch Erfahrung gewonnenen Vorstellungen zu betrachten sind. Ähnliches gilt von der geometrischen Raumanschauung, die in der physiologischen Konstitution des Menschen wurzelt. — Den Aprioristikern wird alles dieses freilich nicht behagen, die nicht gelten lassen wollen, daß, wie Mach sagt, die Anschauung organisch älter oder stärker fundiert ist als das begriffliche Denken. Das Machsche Buch müßte ein Hausschatz in der Hand jedes Gebildeten werden. Behrendsen.

(Eingegangen 11. Juni 1906.)

A. Meinong, Über die Erfahrungsgrundlagen unseres Wissens. Heft 6 der Abhandlungen zur Didaktik und Philosophie der Naturwissenschaft, herausgeg. von F. Poske, A. Höfler u. E. Grimsehl. Lex. 8. V u. 113 S. Berlin, J. Springer. 1906. M. 3,—

Die vorliegende Arbeit, die nicht zu den populär philosophischen Schriften gerechnet zu werden wünscht, sucht die empirischen Erkenntnisgrundlagen dem naturwissenschaftlichen Fachmanne kritisch zu beleuchten. Von einer Untersuchung über empirisches und apriorisches Wissen ausgehend, wobei das letztere als ein „nichtempirisches" aufgefaßt wird, unternimmt der Verfasser zunächst eine Analyse der Begriffe: Wahrnehmungsurteil, Wahrnehmungsobjektiv, Wahrnehmungsobjekt und Wahrnehmungsevidenz. Dann geht er auf die speziellere Behandlung seines Themas ein, nämlich auf die Untersuchung, ob die als „Wahrnehmung" (z. B. bei naturwissenschaftlichen Beobachtungen) aufgefaßte Erkenntnisstufe in Wirklichkeit den Bedingungen genügt, die an den Charakter einer „Wahrnehmung" zu stellen seien. Die Wahrnehmungen werden als „innere" und „äußere" unterschieden. Nicht allen Urteilen über inneres Geschehen läßt sich Evidenz beimessen; noch viel weniger ist dies bei äußeren „Aspekten" der Fall. Die Evidenz unserer Wahrnehmungen ist überhaupt stets nur eine Vermutungsevidenz, doch kann bei innerer Wahrnehmung unter Umständen die Gewißheitsgrenze erreicht werden, bei äußerer nicht.

Die Untersuchung vollzieht sich ziemlich abstrakt auf der Basis schulphilosophischer Terminologie; doch ist die Darstellung als solche in rühmenswerter Weise klar und durchsichtig. Ob indessen, wie der Verfasser meint, durch seine Darlegungen dem naturwissenschaftlichen Fachmanne ein wesentlicher Nutzen für die von ihm zu absolvierenden Denkprozeße erwächst, scheint mir nicht ganz sicher zu sein. Dazu lehnt sich die Untersuchung doch zu wenig an die speziellen Aufgaben der Naturwissenschaften an und bewegt sich nicht in den gängigen Ideenkreisen derselben. Indes werden Naturwissenschaftler, deren Interesse nach der philosophischen Seite sich be-

wegt, sicherlich in dem Meinongschen Buche ihre Rechnung finden. Behrendsen.

(Eingegangen 11. Juni 1906.)

Hans Driesch, Naturbegriffe und Naturnrteile. Analytische Untersuchungen zur reinen und empirischen Naturwissenschaft. gr. 8. VIII u. 239 S. Leipzig, Wilh. Engelmann. 1904. M. 4,—.

Der Verfasser ist in einer Reihe biologischer Arbeiten seit geraumer Zeit als Verfechter des Vitalismus bekannt geworden. Auch das vorliegende Werk ist in den Dienst dieser Theorie gestellt und sucht einerseits eine Reihe von Beweisen für die Autonomie der Lebensvorgänge beizubringen, andererseits diese Anschauungen mit der modernen Energetik in Einklang zu bringen. Da aber die Energielehre, wie sie zurzeit eben wissenschaftlich sich entwickelt hat, dem Standpunkt des Verfassers hinsichtlich seiner „Entelechien" zuwider läuft, so unterwirft derselbe die gesamte Energetik einer kritischen Revision. Dazu wird aber das Rüstzeug der Philosophie ins Feld geführt und zwar einer Philosophie, die ihre Wurzeln besonders in der Lehre Schellings und Hegels hat.

Da ist es freilich nicht wunderbar, warum der Verlauf der Untersuchungen vielfach eigenartige Wendungen nimmt.

Den beiden Hauptsätzen der Energielehre schreibt der Verfasser einen „aprioristischen Grundcharakter" zu und warnt, denselben über dem empirischen Beiwert zu übersehen. Dem zweiten Hauptsatze, dessen aprioristischer Bestandteil sich in dem Satze „ohne Differenz kein Geschehen" aussprechen läßt, gliedert der Verfasser einen dritten Hauptsatz als empirisches Korrelat zu seinem dritten „aprioristischen Geschehenssatze" an, welcher die Tendenz der natürlichen Phänomene, in einer bestimmten Richtung zu verlaufen, ausdrücken soll.

Sehr eingehend beschäftigt sich der Verfasser mit den Energiefaktoren, wobei er zu etwas seltsamen Anschauungen kommt. Das Potential ist ihm nur ein „zurecht gemachtes Symbol"; das elektrische Potential und die Temperatur haben nur die Wertigkeit von absoluten Maßzahlen. — Wärmemenge ist nur „ein Gedankending" zum Zweck des Messens zurecht gemacht. — Besonders schlecht kommt die potentielle Energie fort, was mit den Anschauungen des Verfassers über die chemische Energie zusammenhängt. Einem Stoffe (also auch einer Verbindung) chemische Energie zuzuschreiben, sei ohne Sinn und Bedeutung; daher wird auch die Helmholtzsche „freie Energie" vom Verfasser wenig freundlich behandelt, wie er auch ein chemisches Potential überhaupt für einen Nonsens erklärt.

Von der Verquickung der philosophisch geläuterten Energetik mit der vitalen Dogmatik des Verfassers zu berichten, würde zu weit führen. Der unbefangene Leser des Buches sieht staunend, was sich noch heutzutage alles mit philosophischen Waffen anfangen läßt.

Behrendsen.

(Eingegangen 11. Juni 1906.)

Leibnizens nachgelassene Schriften physikalischen, mechanischen und technischen Inhalts. Herausgegeben und mit erläuternden Anmerkungen versehen von Ernst Gerland. gr. 8. VI u. 256 S. mit 200 Figuren im Text. Leipzig, B. G. Teubner. 1906. M. 10,—.

Durch Veröffentlichung der bisher nahezu unbekannten Arbeiten des großen Mathematikers und Philosophen auf physikalisch-technischem Gebiete hat sich der Herausgeber ein großes Verdienst erworben. Erfährt doch die Geschichte der Physik des 17. Jahrhunderts dadurch eine sehr wesentliche Bereicherung. Nicht minder aber wird die Bedeutsamkeit des Mannes für uns alle dadurch noch erheblich gesteigert. Leibniz hat, mit Ausnahme eines Teiles seiner Optik (die in den Actis Eruditorum erschien), nie selbst von diesen seinen interessanten Arbeiten etwas drucken lassen. — Besonders bemerkenswert sind unter diesen die Aufsätze über Akustik, die für seine Zeit absolut Neues bringen, so vor allem die Anschauungen über Fortpflanzung des Schalles, über akustische und mechanische Resonanz, über Schwingung von Luftsäulen, Arbeiten in denen der Verfasser zum Teil ausgiebig sich der von ihm erfundenen Differential- und Integralrechnung bedient. In der Optik steht er, ohne von Newton beeinflußt zu werden, auf der Grundanschauung von der korpuskularen Natur des Lichtes.

Höchst eigenartig sind die technischen Schriften, in denen er dem Zuge seiner Zeit folgend fast durchweg (nur eine „machina coelestis" bildet die Ausnahme) sich mit nützlichen, der Allgemeinheit dienenden Problemen beschäftigt. Die Anmerkungen des Herausgebers sind vortrefflich und verhelfen sehr nachdrücklich zum Verständnis des eigentlichen Textes, der bis auf einzelne Abschnitte, die deutsch oder französisch gegeben werden, in lateinischer Sprache abgefaßt ist. Behrendsen.

(Eingegangen 12. Juni 1906.)

H. Boruttau, Die Elektrizität in der Medizin und Biologie. Eine zusammenfassende Darstellung für Mediziner, Naturforscher und Techniker. gr. 8. XI u. 194 S. mit 127 Abbildungen. Wiesbaden, J. F. Bergmann. 1906. M. 6,—

Boruttau hat in dieser Arbeit eine zusammenfassende Darstellung unseres heutigen elektrobiologischen und elektromedizinischen Wissens zu geben versucht. Er hat das Wesentlichste aus den verschiedenen speziellen Gebieten gesammelt und zu einem organischen Ganzen verarbeitet. Die Darstellung ist vom Verfasser derart gestaltet worden, daß das Buch sowohl von Ärzten als von Naturforschern und Technikern benutzt werden kann, und darin liegt sowohl seine Stärke als seine Schwäche.

Das Werk wird sicherlich bei seinem vorzüglich durchgeführten naturwissenschaftlichen Gedankengang dazu beitragen, daß die mächtigen therapeutischen Hilfsmittel, welche jetzt in den verschiedenen elektrischen Behandlungsweisen den Ärzten zur Verfügung stehen, zu größerer wissenschaftlicher Anerkennung gelangen, als jetzt, wo vielfach die Tendenz besteht, jede elektrische Behandlung nur als eine suggestive Therapie anzusehen. P. Heiberg.

(Eingegangen 12. Juni 1906.)

H. Weber u. J. Wellstein, Encyklopädie der der Elementar-Mathematik. Ein Handbuch für Lehrer u. Studierende. In drei Bänden. II. Band: H. Weber, J. Wellstein u. W. Jacobsthal, Elemente der Geometrie. gr. 8. XII u. 604 S. mit 280 Figuren. Leipzig, B. G. Teubner. 1905. Gebunden M. 12.—

Dieser Band, dem ein anderer über die Anwendungen der Geometrie folgen soll, behandelt Fragen aus der reinen Geometrie, der Trigonometrie, und der analytischen Geometrie.

Im ersten von J. Wellstein verfaßten Teile sind die kritischen und erkenntnistheoretischen Fragen im Vordergrunde gestellt. Einerseits wird auf die Schwierigkeiten aufmerksam gemacht, die entstehen, wenn man die „natürliche" Geometrie (d. h. die von unseren Sinnesempfindungen gegebene) mit der „axiomatischen" Geometrie vergleicht, andererseits betont, daß die Axiome nur ein System von Relationen zwischen den Dingen festlegen, von denen sie handeln, daß also durch eine Axiomatik diese Dinge selbst unmöglich definiert werden können.

Von W. Jacobsthal rührt der Abschnitt über sphärische Trigonometrie her, in welchem auch die Studyschen Untersuchungen und Resultate über sphärische Dreiecke zur Geltung kommen, wobei elementare Sätze aus der Gruppentheorie im Mittelpunkte der Betrachtungen gezogen werden.

In den übrigen Teilen, wo die projektive Geometrie, die Planimetrie, die ebene Trigonometrie, die analytische Geometrie der Ebene und des Raumes, und die Theorie der regulären Körper zur Sprache kommen, weicht das Werk von der üblichen Behandlung dieser Gegenstände nicht sehr ab.

C. Carathéodory.

(Eingegangen 2. Juli 1906.)

H. Schubert, Auslese aus meiner Unterrichts- und Vorlesungspraxis. I. u. II. Band. kl. 8. 239 S. mit 17 Figuren u. 218 S. Leipzig, G. J. Göschen. 1905. Gebunden je M. 4.—

Wie der Titel zeigt, hat der Verfasser verschiedene Fragen, die den Unterricht in höheren Schulen beleben können, mit elementaren Hilfsmitteln erörtert. So werden z. B. unter anderem die Berechnung der Logarithmen, die Siebzehnteilung des Kreises, die Schwingungszeit des Pendels, die Geometrie der Kreise und Kugeln von diesem Standpunkte aus behandelt. C. Carathéodory.

(Eingegangen 2. Juli 1906.)

Berichtigung.

In der Arbeit von M. Levin „Über den Ursprung der β-Strahlen des Thoriums und Aktiniums" diese Zeitschr. **7**, 513, 1906 sind die Figuren 2 und 3 vertauscht.

Personalien.

(Die Herausgeber bitten die Herren Fachgenossen, der Redaktion von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)

Es **habilitierte** sich an der Universität Berlin Dr. Felix Ehrlich, Abteilungsvorsteher an der Anstalt für Zucker-Industrie der Berliner Landwirtschaftlichen Hochschule, für Chemie.

Dem Privatdozenten für Chemie an der Universität Rostock Dr. Franz Kunckell wurde der Titel eines a. o. Professors verliehen.

Ernannt wurde Professor Dr. J. Stein S. J. in Katwijt zum Observator an der vatikanischen Sternwarte in Rom und der a. o. Professor Dr. F. Haber in Karlsruhe zum o. Professor für physikalische Chemie und Elektrochemie.

Gestorben ist der a. o. Professor für Chemie an der Universität Berlin, Geh. Regierungsrat Dr. Johannes Jahn.

Gesuche.

Junge Schwedin, Cand. phil.

wünscht zur weiteren Ausbildung in einem **physikalischen Laboratorium** oder in einer **Sternwarte** zu arbeiten. Beherrscht Deutsch, Englisch und Französisch.

Gefl. Antworten an **„B.S."** Nordiska annonsbyrån, Gothenburg, Schweden.

Für die Redaktion verantwortlich Privatdozent Dr. Emil Bose in Göttingen — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.